

FÁBIO DAL LAGO

**CONSTRUINDO DESCRIÇÕES SIMBÓLICAS
CONSISTENTES COM APLICAÇÃO A UM SISTEMA DE
AUTORIA DE CONCEITOS VISUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de
Pós-Graduação em Informática, Setor de
Ciências Exatas, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Alexandre Ibrahim Direne

**CURITIBA
2001**

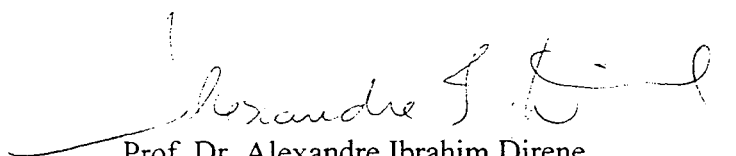


Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Mestrado em Informática


PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática do aluno **Fábio Dal Lago**, avaliamos o trabalho intitulado ***“Construindo Descrições Simbólicas Consistentes com a Aplicação a um Sistema de Autoria de Conceitos Visuais”***, cuja defesa foi realizada no dia 12 de julho de 2001, às quatorze horas, no anfiteatro B do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela aprovação do candidato.

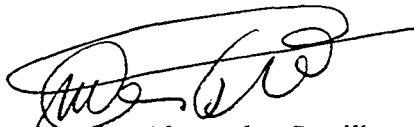
Curitiba, 12 de julho de 2001.



Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
DINF/UFPR - Orientador



Prof. Dr. Newton José Vieira
DCC/UFMG



Prof. Dr. Marcos Alexandre Castilho
DINF/UFPR

FÁBIO DAL LAGO

CONSTRUINDO DESCRIÇÕES SIMBÓLICAS CONSISTENTES COM APLICAÇÃO
A UM SISTEMA DE AUTORIA DE CONCEITOS VISUAIS

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Alexandre Ibrahim Direne
Departamento de Informática, Setor de Ciências Exatas, UFPR

Prof. Marcos Alexandre Castilho
Departamento de Informática, Setor de Ciências Exatas, UFPR

Prof. Newton José Vieira
Instituto de Ciências Exatas, UFMG

Curitiba, 12 de julho de 2001

AGRADECIMENTOS

Agradeço, especialmente, ao meu orientador e amigo Prof. Alexandre Ibrahim Direne pela constante dedicação e apoio durante todo o trabalho realizado. Também ao Prof. Marcos Alexandre Castilho pela ajuda e incentivo na elaboração do trabalho.

Ao Departamento de Informática da UFPR como um todo e individualmente a cada um dos professores e funcionários, principalmente ao Zé Carlos, deste departamento pelo apoio e pelas condições de trabalho, sempre muito boas.

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram durante a realização do curso, e também pela paciência que tiveram pelos constantes "não" para os convites de estarmos juntos.

Agradeço também a minha namorada Fabiana pela paciência e apoio durante todo o curso, que sempre estava ao meu lado mesmo quando eu estava estudando.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O PROBLEMA DA QUALIDADE DO CONHECIMENTO CODIFICADO.....	1
1.2 O AMBIENTE RUI	3
1.3 IMPACTOS DE APLICAÇÃO	5
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. TRABALHOS CORRELACIONADOS	9
2.1 SISTEMAS DE AUTORIA.....	9
2.2 CONCEITOS VISUAIS.....	12
2.3 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO EM LÓGICA.....	14
3. CONCEITOS GENÉRICOS.....	17
3.1 RESULTADOS DE UM ESTUDO COGNITIVO	17
3.2 AS BASES DE RELAÇÕES E FATOS	20
3.3 PREMISSAS SIMPLIFICADORAS	22
3.3.1 O FORMALISMO LÓGICO DE HAYES	23
3.3.2 ELIMINAÇÃO DE QUANTIFICADORES.....	24
3.3.3 NEGAÇÃO POR OMISSÃO.....	25
3.4 CONSISTÊNCIA E EXPLICAÇÕES CORRELATAS	26
3.4.1 USO DE TÉCNICAS DE INFERÊNCIA	27
3.4.2 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR MODUS PONENS.....	28
3.4.3 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR SIMPLIFICAÇÃO	33
3.4.4 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR RESOLUÇÃO	35
4. ALADIM: UMA APLICAÇÃO	38
4.1 ARQUITETURA FUNCIONAL DE ALADIM.....	38
4.2 TRADUTOR DE FRAMES PARA LÓGICA.....	39
4.3 INTERPRETADOR DE EXPRESSÕES EM LÓGICA PROPOSICIONAL.....	40
4.4 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR MODUS PONENS	41
4.5 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR SIMPLIFICAÇÃO	46
4.6 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR RESOLUÇÃO.....	47
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELAÇÕES LÓGICAS EM UMA TRANSCRIÇÃO DE UMA CASO	54

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. EXPRESSÃO LÓGICA DO NÍVEL CONCEITUAL DO RUI	2
FIGURA 2. DIÁLOGO ENTRE AUTOR-SAI NO NÍVEL DE PRODUÇÃO DO RUI	3
FIGURA 3. NÍVEIS DE COMUNICAÇÃO NO RUI	4
FIGURA 4. EXEMPLO DE DIÁLOGOS REAIS MOSTRANDO MODUS PONENS	19
FIGURA 5. EXEMPLO DE DIÁLOGOS REAIS MOSTRANDO SIMPLIFICAÇÃO	20
FIGURA 6. EXEMPLO DE DIÁLOGOS REAIS MOSTRANDO RESOLUÇÃO	20
FIGURA 7. BDFDI	21
FIGURA 8. FÓRMULA LÓGICA DA BEFL	22
FIGURA 9. FORMA GENÉRICA DO MAPEAMENTO DE UM FRAME PARA UMA EXPRESSÃO LÓGICA, CONFORME HAYES	23
FIGURA 10. FÓRMULA LÓGICA	24
FIGURA 11. FÓRMULA LÓGICA SEM OS QUANTIFICADORES	25
FIGURA 12. FRAGMENTO DE FÓRMULA LÓGICA DA BEFL	25
FIGURA 13. BDFDI CONTENDO UMA DESCRIÇÃO DE IMAGEM	25
FIGURA 14. MODUS PONENS	29
FIGURA 15. ALGUMAS FÓRMULAS LÓGICAS DE UMA BEFL	30
FIGURA 16. BDFDI	32
FIGURA 17. SIMPLIFICAÇÃO (N FORMAS PARA INFERIR)	33
FIGURA 18. UMA FÓRMULA LÓGICA PARA EXEMPLIFICAR SIMPLIFICAÇÃO	34
FIGURA 19. BDFDI PARA EXEMPLIFICAR SIMPLIFICAÇÃO	34
FIGURA 20. RESOLUÇÃO	35
FIGURA 21. UMA FÓRMULA LÓGICA PARA EXEMPLIFICAR RESOLUÇÃO	36
FIGURA 22. BDFDI PARA EXEMPLIFICAR RESOLUÇÃO	37
FIGURA 23. ARQUITETURA FUNCIONAL DE ALADIM	39
FIGURA 24. FRAGMENTO DE UMA BDFDI EM REPRESENTAÇÃO POR "FRAMES"	39
FIGURA 25. FRAGMENTO DE UMA BDFDI REPRESENTADO POR LÓGICA	40
FIGURA 26. UMA FÓRMULA DA BEFL	40
FIGURA 27. FÓRMULA LÓGICA DA BEFL	45
FIGURA 28. BDFDI PARA EXEMPLIFICAR MODUS PONENS COM MAIS DE UM PREDICADO DE CARACTERÍSTICA NA ANTECEDENTE E NA CONSEQÜENTE	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALADIM	Asserções Lógicas para Autoria de Descrições de Imagens Médicas
IA	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
LPPO	LÓGICA DE PREDICADOS DE PRIMEIRA ORDEM
RUI	<i>REPRESENTATION FOR UNDERSTANDING IMAGES</i>
SAI	SISTEMAS DE AUTORIA INTELIGENTES
STI	SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE
(P)	Parte anatômica presente em uma imagem
(C)	Característica visual de uma determinada parte anatômica
(V)	Valor de uma determinada característica visual
BEFL	Base Estática de Fórmulas Lógicas
BDFDI	Base Dinâmica de Fatos sobre a Descrições de uma única Imagem

RESUMO

Este trabalho consiste na concepção, projeto e implementação de ALADIM, um interpretador de relações lógicas para manter uma base de conhecimento com seu conteúdo consistente. O interpretador foi integrado a um ambiente já existente, especialmente destinado à autoria e ensino de descrições simbólicas de alto nível sobre conceitos visuais de imagens médicas. Porém, uma das principais deficiências do referido ambiente está no fato de não existir um mecanismo de interpretação de relações lógicas para verificar a consistência das descrições inseridas pelo autor. Para solucionar tal problema, foi realizado um estudo cognitivo sobre diálogos entre médicos radiologistas para extrair a essência das relações lógicas neles envolvidas. A partir disso, o protótipo ALADIM foi projetado e implementado com base em técnicas formais de inferência lógica para servir como guia interativo de explicações e sugestões para o autor, quando da ocorrência de inconsistência no material descrito. O trabalho ainda apresenta vantagens e desvantagens da aplicação da ferramenta, assim como metas futuras de pesquisa.

ABSTRACT

This work presents the conception, design and implementation of ALADIM, an interpreter of logic relations aimed at the maintenance of consistent knowledge bases. The interpreter was integrated to an existing software environment, specifically applied to the authoring and teaching of high-level, symbolic descriptions of visual concepts in medical images. However, one of the main deficiencies of the referred environment is in that it does not include a logic-base equipment for consistency checking of the image descriptions inserted by the author. To solve this problem, we carried out a cognitive study on dialogues, recorded from human medical radiologists, in order to extract the essentials of the logic relations involved with them. From this point, the ALADIM prototype was designed and implemented, based on formal logic inference techniques to serve as an interactive explanation guide to the author, whenever inconsistencies arise in the teaching material. The work also discusses the advantages and disadvantages of using the tool, as well as future research aims.

1. INTRODUÇÃO

É indispensável para STIs (Sistemas Tutoriais Inteligentes) que seu potencial de ensino contenha tanta fonte de informação quanto a de um tutor humano, ou seja, um STI deve conter conhecimentos “equivalentes” ao de um tutor humano. Sendo assim, a condução de ensinamentos que serão passados para o aluno será de forma que ele aprenda o “correto” e com o máximo de informação possível. Para isto, este trabalho consiste na criação de um interpretador de relações lógicas para manter em estado consistente, diversas bases de conhecimento específicas de domínio. Este interpretador foi integrado à ferramenta de autoria do ambiente RUI (Direne, 1997) no nível de Produção (ver Figura 3 da Seção 1.2), construindo desta maneira um guia com explicações e sugestões para o autor-perito quando necessário.

1.1 O PROBLEMA DA QUALIDADE DO CONHECIMENTO CODIFICADO

Sistemas de Autoria Inteligentes (SAI – ou IAS – *Intelligent Authoring Systems*) são raros por constituírem ferramentas inteligentes para apoiar o autor de software educacional. Apesar de existirem vários Sistemas de Autoria para STIs, são pouquíssimos os SAI (Nicolson e Scott, 1986). Sua maior utilidade está na produção de material educacional de qualidade razoavelmente garantida e métodos que agilizam a inserção de dados em uma base de conhecimento.

Qualidade, neste contexto, pode ser considerada como sendo conhecimentos consistentes que foram codificados em grandes quantidades na base de conhecimento. Conhecimento consistente significa que tudo que for ensinado por uma *shell* tutorial, baseada em dados com qualidade, tenderá a levar o aluno a

assimilar informações corretas do STI. Esta qualidade contribui melhor com o material responsável pelo desenvolvimento de perícias ou capacidades do aprendiz.

Para exemplificar este ponto, pode-se considerar um caso real da radiologia médica conhecida como "cardiomegalia", que é uma anormalidade de tamanho do coração em relação direta com um ventrículo. Para isso dizemos que, se o ventrículo (esquerdo ou direito) estiver com algum tipo de anormalidade de tamanho, então o coração, obrigatoriamente, também estará com algum tipo de anormalidade de tamanho. Com isso, pode-se dizer que genericamente existe uma relação entre o tamanho do ventrículo esquerdo e o do coração e que ela vale para qualquer caso de "cardiomegalia" (como uma classe de representações).

Sendo assim, qualquer material de ensino criado como um caso específico de "cardiomegalia" contendo relações "falsas" entre estes elementos, interferirá negativamente na formação de conceitos do aprendiz. A partir disso, em um diálogo autor-SIA, no qual o autor tenta inserir dados inconsistentes, a ferramenta deverá tratar interativamente a restauração da consistência. A Figura 1 mostra uma relação lógica como fragmento da representação genérica de uma classe de anormalidade "cardiomegalia" descrita no nível Conceitual do ambiente RUI (ver Figura 3 da Seção 1.2). Já a Figura 2 mostra um diálogo autor-SIA desejável durante a descrição de um caso específico de "cardiomegalia" onde a representação genérica é utilizada para saber se existe alguma inconsistência inserida pelo autor no nível de Produção do mesmo ambiente RUI.

$$\boxed{\begin{array}{c} \forall x \forall y \forall z \forall w (\text{ventrículo_esquerdo}(x) \wedge \text{tamanho}(x,y) \wedge (y \neq \text{"normal"}) \\ \Rightarrow \\ \text{coração}(z) \wedge \text{tamanho}(z,w) \wedge w \neq \text{"normal"}) \end{array}}$$

Figura 1. Expressão lógica do nível Conceitual do RUI

<p>AUTOR: <coração> <tamanho> <"normal"></p> <p>SAI: aceito temporariamente</p> <p>AUTOR: <ventrículo_esquerdo> <tamanho> <"aumentado"></p> <p>SAI: Há uma inconsistência entre o tamanho do coração e o tamanho do ventrículo_esquerdo. Como o tamanho do ventrículo esquerdo não é normal, o tamanho do coração também não deveria ser normal.</p>

Figura 2. Diálogo entre autor-SAI no nível de Produção do RUI

Sendo assim, pode-se verificar nas figuras acima que, quando um autor está codificando conhecimento no nível de Produção, este diálogo torna-se importante no momento em que uma inconsistência é encontrada. Na Figura 2 pode-se ver que, no instante que é inserida uma inconsistência no nível de Produção, imediatamente é gerada uma explicação para que o autor faça ajustes na base de conhecimento de acordo com o que está definido no nível Conceitual (Figura 1). Com isso a base de conhecimento não deveria aceitar novas inserções sem que sejam feitos ajustes para deixar a base de conhecimento consistente.

Todavia, no caso em que a base de conhecimento foi definida com erros no nível Conceitual por um perito, a descrição das imagens no nível de Produção não estará de acordo com a realidade. Mas mesmo havendo erro no nível Conceitual, o autor do nível de Produção não poderá alterar os conceitos de uma classe.

1.2 O AMBIENTE RUI

O interpretador tutorial direcionado a relações lógicas entre objetos do domínio foi desenvolvido utilizando as bases de conhecimento do sistema de autoria RUI (Direne, 1997) e integrado a seu nível de produção. Sendo este um sistema de autoria com uma "shell" de apoio ao ensino especialmente direcionada para conceitos visuais, o sistema RUI consiste de ferramentas para a manipulação da complexidade dos modelos internos de um STI e para a interpretação independente

de domínio das interações tutoriais. A Figura 3 mostra cada um dos três diferentes níveis de abstração do sistema RUI. Os passos de autoria envolvem dois níveis: conceitual e produção. O terceiro nível, instrutivo, visa a comunicação de perícia.

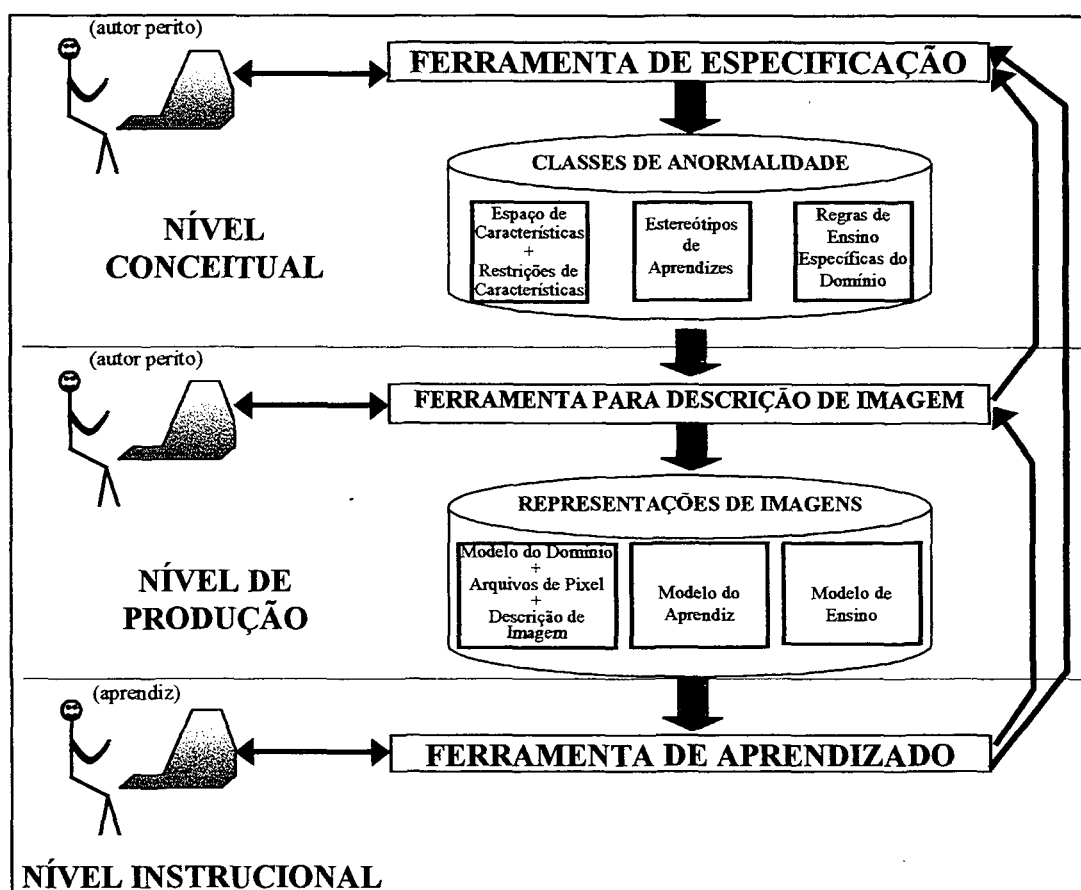


Figura 3. Níveis de comunicação no RUI

As bases de conhecimento construídas utilizando a ferramenta de autoria RUI são organizadas a partir de duas idéias: (1) classes de anormalidade e (2) descrições simbólicas de imagens. Estas são representadas, em sua maior parte, utilizando-se técnicas de orientação a objetos com *frames* (Minsky, 1975) e mapas semânticos. Na representação de classes de anormalidade são incluídas restrições sobre características visuais de elementos anatômicos por meio de expressões em Lógica de Predicados de Primeira Ordem (LPPO). Em tal representação está contido o conhecimento necessário para o funcionamento do interpretador tutorial de relações lógicas.

Uma das principais deficiências na autoria do sistema RUI é a não existência de um mecanismo de interpretação de relações lógicas para verificar a consistência dos dados inseridos pelo autor-perito. Dados como os da Figura 2 estão conflitantes, pois constituem a descrição de um caso específico sem atender à representação lógica da classe, no entanto são aceitas no sistema original.

Para que o módulo de autoria do sistema RUI seja capaz de permitir a inserção de dados consistentes através do nível de produção, será necessária a implementação de uma ferramenta que possibilitasse a verificação de consistência no momento de gravação dos dados na base de conhecimento. Para atingir esta meta, será necessário desenvolver um mecanismo capaz de interpretar fórmulas lógicas para tentar encontrar inconsistências na base de conhecimento e, caso seja encontrada alguma, serão construídas explicações a partir dessas inconsistências para conduzir o autor-perito a “consertar” a base de conhecimento.

Com a utilização de tal mecanismo será possível expandir o sistema RUI para torná-lo um dos poucos sistemas de autoria capaz de detectar e explicar quando a base de conhecimento está inconsistente. Através da ferramenta RUI será possível construir STIs direcionados ao ensino de conceitos visuais com mais qualidade, pois ter-se-á uma base de conhecimento consistente e de maior confiabilidade para a *shell* de ensino.

1.3 IMPACTOS DE APLICAÇÃO

Com a construção deste novo interpretador dedicado à interpretação de relações lógicas entre os dados contidos nas bases de conhecimento de autoria, pode-se obter melhorias significativas na codificação de conhecimento. A maior expectativa dos resultados deste trabalho incide principalmente sobre a

independência de autores quanto ao conhecimento codificado na base de imagens para o ensino.

As principais vantagens deste interpretador serão (1) a qualidade do conhecimento codificado que será inserido a partir da ferramenta de autoria RUI na base de conhecimento, (2) a independência de autores entre o nível conceitual e o de produção e (3) a facilidade de uso da ferramenta por meio de explicações sobre inconsistência de descrições de imagens fornecidas durante a autoria. Quando fala-se em qualidade do conhecimento codificado, isto quer dizer que tudo que for inserido na base de conhecimento estará consistente de acordo com o que foi definido no nível conceitual do ambiente RUI. Quanto à independência de autores isto significa que para o nível conceitual e para o nível de produção do sistema de autoria RUI, os autores podem ser diferentes, uma vez que já estejam definidas as classes de anormalidades no nível conceitual. A facilidade de uso se deve a explicações aceitáveis para a compreensão humana do porque uma certa representação não é aceita em caso de inconsistência.

Entretanto, a vantagem que se tem quanto à independência de autores pode levar também a uma desvantagem quando profissionais apresentam visões divergentes de uma mesma anormalidade. No mundo real, relações lógicas têm a elas associadas uma margem probabilística de erro. Por exemplo, lesões de tamanho “grande”, muito freqüentemente, apresentam efeito expansivo (compressão e deformação de várias partes do cérebro). Porém, em poucos casos, lesões de tamanho grande podem não apresentar sinais de deformação do cérebro na radiografia. Este último caso, altamente atípico, porém real, não poderá ser descrito com precisão, dentro do arcabouço atual deste trabalho.

Para aprofundar mais ainda a questão de independência de autores, é possível que a Ferramenta de Especificação do ambiente RUI tenha um usuário autor para a criação de Classes de Anormalidades diferente do usuário autor da Ferramenta de Descrição de Imagem. Sendo assim, descrições de imagens rejeitadas por inconsistência podem nunca ser submetidas a uma mediação entre autores pois a Ferramenta de Descrição de Imagem passa agora a seguir rigidamente a descrição genérica da classe de anormalidade para a criação de uma descrição específica de imagem.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é dividida em cinco capítulos. No segundo apresenta-se uma revisão e crítica dos principais trabalhos correlacionados sobre sistemas de autoria, o ensino de conceitos visuais e as aplicações da lógica, sendo possível observar a partir destes a necessidade de se construir módulos com funcionalidades semelhantes às apresentadas neste trabalho.

No capítulo 3 expõe-se os conceitos genéricos que foram utilizados para a construção de um interpretador lógico capaz de gerar mensagens de explicação. Este capítulo está subdividido em quatro seções. Na primeira seção são apresentados aspectos cognitivos que foram considerados para a obtenção de alguns parâmetros que levaram à construção do interpretador lógico que compõe este trabalho. Na segunda seção são apresentadas as bases de relações lógicas e de fatos que são utilizadas para a identificação de inconsistências. A Seção 3 mostra algumas premissas simplificadoras que foram possíveis para a implementação do interpretador. E finalmente a Seção 4 mostra os aspectos de como são encontradas as inconsistências e como são formalizadas as mensagens de explicações para tentar recuperar a integridade da base de fatos.

No capítulo 4 descreve-se a implementação do interpretador lógico como um módulo do ambiente RUI, levando em conta como a base de fatos deste ambiente está armazenada. No restante do capítulo é mostrado como são tratadas as expressões lógicas e como a partir destas são construídas as mensagens de explicação.

No capítulo 5 está a conclusão do trabalho, onde são apresentadas as suas contribuições e também algumas linhas sobre trabalhos futuros. Ao final da dissertação encontra-se um anexo que contém uma seção de ensino de radiologia médica da qual foram retirados alguns aspectos cognitivos para a elaboração deste trabalho.

2. TRABALHOS CORRELACIONADOS

2.1 SISTEMAS DE AUTORIA

Na área de desenvolvimento de software educacional existem pesquisas na tentativa de produzir uma grande quantidade de informação com uma alta qualidade de ensino (Nicolson and Scott, 1986). Para este propósito pode-se citar o desenvolvimento de sistemas CAL (*Computer Assisted Learning*) que são usados para tentar substituir um consultor humano, perito em um domínio de conhecimento. As estratégias manuais usadas para produzir estes sistemas conseguem desenvolver software de alta qualidade mas em pequenas quantidades. De forma alternativa, a aplicação de ambientes de autoria no desenvolvimento de sistemas CAL permite uma profunda alteração neste cenário, provocando a produção de uma grande quantidade de software, porém de baixa qualidade.

Em projetos recentes, linguagens e ambientes inteligentes de autoria estão sendo úteis no desenvolvimento de software educacional para equilibrar a grande produção de software com uma qualidade moderada do potencial de ensino. Sendo assim, as pesquisas em sistemas de autoria enfatizam estudos no campo de padronização e automação da produção de software educativo com base em benefícios passados, adquiridos durante pesquisas no campo de Sistemas Especialistas. Isto faz com que tais sistemas sejam considerados Sistemas de Autoria Inteligentes.

Todavia, STIs são sistemas elaborados e editorados estruturadamente que envolvem manipulação de uma grande quantidade de informações complexas. Devido a isso, foram propostas no passado várias técnicas de modelagem de interfaces homem-máquina, as quais se baseavam em linguagens comuns entre

grupos de usuários (Direne, 1997). Tais usuários compreendiam desde profissionais da computação até os especialistas no domínio específico, todos envolvidos com o uso de Sistemas de Autoria, para ajudar a aquisição e organização do conhecimento a ser ensinado. Além dos Sistemas de Autoria para STI, existem vários exemplos de Sistemas de Autoria para a produção de ILE (*Intelligent Learning Environments*), porém, nenhum deles aborda profundamente a consistência do conhecimento simbólico "autorado", isto é, fornecido pelos autores.

Uma maneira de promover maior facilidade e poder expressivo para o processo de autoria é por meio da aquisição do conhecimento denominado "correto pelo fornecimento" (Murray, 1999). Cada Sistema de Autoria assume diferentes compromissos ao longo do espectro dos projetos em que se enquadra, indo desde a forma totalmente livre de padrão até o projeto com restrições de modelos funcionais.

Sistemas mais abertos (livres de modelos padronizados) permitem maior flexibilidade tanto no formato do conteúdo quanto na sequência de passos tomados para fornecer o conhecimento do tutor. Entretanto, a maior flexibilidade dada aos autores aumenta a probabilidade de fornecimento de conhecimento inconsistente, impreciso, ou algo que está em conflito com os princípios do planejamento instrucional.

Uma maneira para permitir flexibilidade de autoria mantendo a confiabilidade do conhecimento fornecido é permitindo que o autor entre com sentenças ou opções sem imposição de ordem mas, ao mesmo tempo, incluindo um mecanismo que verifique interativamente vários aspectos da informação autorada, tais como: precisão e consistência.

Shells de STIs como COCA (Major & Reichgelt, 1991) e REDEEM (Major & Ainsworth & Wood, 1997) possuem interfaces de autoria de muito alto nível,

suficientemente simples para que autores peritos em qualquer domínio de conhecimento, sem experiência em IA (Inteligência Artificial), possam ser capazes de usá-los. Estes sistemas de autoria também permitem que diferentes estilos de ensino sejam criados, facilitando professores na associação de estratégias variadas de ensino a categorias distintas de estudantes. Mesmo incluindo estas diferentes decisões de ensino, tais sistemas se comportam muito bem dentro das estratégias editoradas. Porém, os conceitos principais destes sistemas para a criação de diretivas pedagógicas não abordam explicitamente a noção de consistência entre as referidas diretivas.

Tendo em vista a elaboração de sistemas de autoria capazes de facilitar a inserção de conhecimento do domínio juntamente com o conhecimento pedagógico, pode-se citar o *Demonstr8* (Blessing, 1997). Este sistema apresenta a idéia de autoria por meio de demonstração como forma de acelerar a produção de material de curso. Isto provê ao autor uma oportunidade de verificar de forma precoce se as regras de produção especificadas foram suficientes para formar e armazenar o conteúdo desejado. Se um erro é encontrado, o autor pode refinar as regras imperfeitas, ou ainda, registrar regras adicionais.

Isto se dá através da existência de algumas técnicas de IA que realizam a inferência de passos intermediários da solução do problema demonstrado. Porém, apesar de se concentrar na boa formação do modelo do domínio, seus efeitos parecem beneficiar apenas aspectos de completude dos conceitos demonstrados, não evidenciando preocupação com a consistência do conteúdo.

Outros STIs clássicos como DACTN (Woolf, 1992) e CDT (O'Shea, 1981) nunca foram implementados completamente, nem aplicados exaustivamente a uma classe de domínios de especialidade para testes. Os trabalhos aplicados a estes

sistemas foram limitados a estudos de casos, onde os resultados eram mais sugestivos e descritivos do que conclusivos. Mais ainda, a maioria dos sistemas de autoria clássicos não propõe uma arquitetura inteligente para sustentar o processo de autoria. Em outras palavras, a inteligência do ambiente reside apenas nas bases de conhecimento de ensino geradas para as *shells* dos STIs.

2.2 CONCEITOS VISUAIS

Vários aspectos devem ser considerados para adquirir perícia em um determinado domínio, pois muitas atividades humanas requerem um forte treinamento para serem executadas com facilidade e precisão. Estudos realizados por Lesgold (1984), um dos principais trabalhos aplicados no reconhecimento visual, preocupam-se com aspectos de aprendizagem como conhecimento que é adquirido a partir de princípios e conhecimento que é adquirido a partir da repetição no mundo prático (conhecimento perial).

O conhecimento perial, ou simplesmente perícia, é adquirido em estágios, onde o primeiro estágio se constitui na aquisição de conhecimento declarativo (ou factual), o segundo na compilação de tais fatos com a prática e o último estágio no seu uso de forma procedimental (Anderson, 1992). Entretanto, em cada estágio de aquisição de conhecimento, deve ser considerado que existem diferentes naturezas de conhecimento, bem como o comportamento dos aprendizes em relação ao desenvolvimento de tarefas.

Lesgold e outros (1989) realizaram em sua pesquisa um outro trabalho onde constataram e descreveram a habilidade para diagnosticar imagens de raio-X a partir de vários níveis de perícia possuída por médicos radiologistas e residentes na área. Utilizando-se de experimentos, identificaram que peritos são capazes de organizar rapidamente um esquema mental do problema radiológico a partir de vários

princípios como anatomia, teorias médicas de doenças e geometria projetiva de radiografia. Apesar de não construir sistemas tutoriais para ensino de conceitos visuais, os trabalhos de Lesgold têm uma grande contribuição como uma sólida base teórica.

Sharples (1991) descreveu uma das primeiras contribuições de aplicação de conceitos de Inteligência Artificial na educação para construir sistemas de treinamento de conceitos visuais baseado em computador. Ele formaliza alguns *princípios importantes no ensino de conceitos visuais auxiliado por computadores*, bem como destaca características da perícia no reconhecimento de conceitos visuais. Também faz uma descrição dos recursos disponíveis para produzir um sistema tutor, como a combinação de hipermídia e de métodos de abordagem hipotético-dedutivos para o diálogo entre o tutor artificial e o aprendiz.

Posteriormente, Sharples (Sharples e outros, 1997) descreve aspectos sócio-cognitivos que devem ser considerados na construção de um sistema tutorial para a aquisição da perícia na interpretação de imagens radiológicas, bem como aspectos pedagógicos e conceitos da psicologia educacional. Ele ressalta que alguns projetos em IA têm demonstrado técnicas poderosas em representação de conhecimento mas que, ao mesmo tempo, são inúteis na prática educacional.

Outros sistemas citados por Sharples têm interfaces atrativas, porém não direcionam o aprendiz para um objetivo pedagógico claro. Ele ainda cita aqueles sistemas que satisfazem uma necessidade bem identificada, mas não se ajustam facilmente para a sala de aula ou local de trabalho. Com este embasamento foi desenvolvido um sistema de treinamento baseado em conhecimento para neuro-radiologia, o MR-Tutor, constituído de uma linguagem estruturada para descrever a aparência de anomalias em imagens de ressonância magnética.

Outros problemas relacionados com o ensino de conceitos visuais apoiado por computadores foram descritos por Azevedo (Azevedo e outros, 1997) no desenvolvimento de um tutor para a interpretação de mamografias. Azevedo também destaca a necessidade de construir sistemas baseados em fundamentos cognitivos como os de Sharples (Sharples e outros, 1997). O referido tutor é baseado em parâmetros cognitivos da perícia radiológica assim como na análise de princípios instrucionais. Isto permitiu a formação de uma base teórica e empírica consistente que derivou na produção de um protótipo aplicado à área de mamografia.

Também pode-se citar contribuições para o ensino de conceitos visuais abordando explicitamente as relações lógicas do diálogo de um aprendiz (Bonacin, 1999; Bonacin e Direne, 2000) no ambiente RUI (Direne, 1997). Todavia, não houve investimento de pesquisa e desenvolvimento com relação à consideração das relações lógicas em características visuais durante o processo de autoria de imagens.

Sem um teste interativo de consistência do material produzido na fase de autoria, não há garantia de qualidade mínima do que é transmitido por meio da *shell* de ensino/aprendizagem. Para o ambiente RUI, a contribuição mais aproximada para suas ferramentas de autoria foi feita apenas com relação à ordem de complexidade com que um caso radiológico pode ser apresentado aos treinandos (Pimentel e Direne, 1998).

2.3 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO EM LÓGICA

Vários conceitos de raciocínio formal e informal na lógica matemática e IA têm sido moldados em grande parte por uma rara visão reconhecida: a visão de um processo de raciocínio ser equivalente ao de derivar novos conhecimentos a partir

de outros existentes. Em outras palavras, o processo de descobrir novas verdades contidas em verdades conhecidas (Doyle, 1979). Para manter um modelo consistente com novas informações e mudanças na situação sendo modelada, os programas de raciocínio freqüentemente precisam remover ou mudar porções constituintes do citado modelo. Então o problema se resume em como fazer mudanças em modelos e como os modelos deveriam ser construídos para que mudanças resultem em novas bases consistentes.

Tais conceitos abordaram principalmente questões de consistência e completude de bases de conhecimento (Sowa, Scott e Shortliffe, 1982). Inconsistências na base de conhecimento aparecem como conflito, redundância ou suposição. Estas inconsistências podem ser detectadas se a sintaxe permite examinar duas regras e determinar se existem situações em que ambas podem ter sucesso e se os resultados de aplicar as duas regras são idênticos, conflitantes, ou sem conexão. Por outro lado, a não completude da base de conhecimento é o resultado de regras esquecidas, que podem ser detectadas logicamente se for possível enumerar todas as circunstâncias em que uma dada decisão deveria ser feita ou uma dada ação deveria ser tomada.

Todavia, poucos sistemas abordaram a noção de explicação das razões pelas quais fórmulas lógicas são consideradas inconsistentes. Dentre os poucos exemplares de sistemas que atacaram o problema de explicação do conteúdo de uma prova automática de teoremas pode ser citado o protótipo de Castilho e Vieira (1991) e outros trabalhos do grupo (Vieira, 1994; Vieira, 1995). Neste trabalho eles propõem uma adaptação da estrutura de dados para representação de árvores de prova a qual propicia tanto o tratamento de lógica de primeira ordem em geral quanto o suporte à explicação de respostas ao usuário.

Como exemplos do que o protótipo é capaz de fazer, pode-se citar as seguintes situações: (1) convencer o usuário de que a resposta do sistema está correta; (2) servir como uma ferramenta de aprendizagem, já que o usuário pode testar seu conhecimento fazendo perguntas e comparando suas respostas com as do sistema; (3) depurar a base de conhecimento, uma vez que a explicação reflete o processo (passo-a-passo) de raciocínio que autoriza a resposta.

Mesmo considerando que a natureza da representação não seja dentro do campo da lógica clássica, o mapeamento de diferentes representações é, no mínimo, parcialmente possível. Para sustentar tal afirmação, no passado, representações orientadas a objeto foram apresentadas em sua forma equivalente na lógica de predicados de primeira ordem (Hayes, 1985). Sistemas recentes dedicados ao ensino por computador já fizeram uso do referido formalismo de equivalência com relativo sucesso (Bonacin e Direne, 1999) assim como o de formalismos lógicos semelhantes (Beller e Hoppe, 1993), sempre destinados a ferramentas de ensino (usuário é aluno do curso) mas não de autoria (usuário é o autor do curso).

3. CONCEITOS GENÉRICOS

O passo inicial para a solução dos problemas apresentados é o da delimitação dos espaços de explicações de uma ferramenta de software diante de situações de dados inconsistentes. Com esta delimitação, a grande maioria dos casos de inconsistência possíveis serão detectados e informados (de alguma maneira) para o perito, para que sejam ajustados de acordo com o que está definido em termos de relações lógicas na base de conhecimento.

Para este ajuste, as inconsistências foram estudadas à luz de como elas deveriam ser informadas para o usuário com base em análises de explicações reais obtidas de tutores humanos. Isto permitiu que a informação dada ao usuário (autor-perito) fosse construída em uma linguagem “semelhante” àquela usada no dia-a-dia de um radiologista. Para tanto, alguns conceitos e simplificações são apresentados neste capítulo para que este complexo fim seja atingido.

3.1 RESULTADOS DE UM ESTUDO COGNITIVO

Para viabilizar a construção do interpretador para geração de mensagens, foi necessário criar uma base conceitual capaz de direcionar este interpretador no contexto de explicação de inconsistência. Para tanto foi realizado um estudo cognitivo, tendo como objetivo a construção desta base direcionada à interpretação e geração de mensagem de explicação de inconsistências. Este estudo pôde ser realizado através da observação de elementos que compõem o diálogo de aprendizagem da perícia de reconhecimento de imagens médicas.

O ensino de radiologia médica por tutores humanos é tipicamente conduzido por estudos de casos, com base em diálogos na linguagem natural técnica, os quais

são ricos em relações lógicas entre objetos do domínio, principalmente as relações de causa-efeito.

Portanto, para a construção deste interpretador para geração de mensagem, seria necessária uma análise detalhada de transcrições de diálogos entre um radiologista sênior e um radiologista com quase igual experiência. Mas como para este trabalho não foi possível realizar esta análise de transcrições entre especialistas, dada a indisponibilidade dos mesmos, optou-se por realizar uma análise de transcrições de diálogos entre residentes de radiologia médica e tutores humanos de radiologia, já catalogadas nos trabalhos de Cury (CURY, 96).

Com esta análise, foi possível extrair elementos importantes para o processo de interpretação, tais como parâmetros para compor padrões de explicações e para a escolha dos mecanismos de inferência lógica adequados a serem aplicados a cada tipo de inconsistência. Da mesma forma, com a análise de respostas de tutores humanos, pode-se construir um padrão de mensagem para cada tipo de inconsistência, formando assim um fundamento adequado para construir explicações a partir de diretrizes genericamente interpretadas.

O estudo foi realizado utilizando transcrições, de linguagem falada para a escrita, elaboradas a partir de casos patológicos discutidos entre tutores humanos e alunos de radiologia em diversos níveis de perícia (aluno de graduação, R1, R2, R3, significando residência médica de primeiro, segundo e terceiro anos respectivamente).

Conforme dito anteriormente, estas transcrições foram realizadas por CURY (1996), com a colaboração da Escola Paulista de Medicina (ver ANEXO 1). Mesmo que a linguagem falada seja mais informal que a escrita, foi importante a utilização

desta metodologia pois só assim foi possível analisar o comportamento do estudante/tutor em seu ambiente normal de aprendizagem.

O primeiro passo deste estudo foi a análise de comportamento de tutor e aluno, perante o caso médico apresentado, considerando quando é fornecida uma resposta de um diagnóstico. Com isso, foi realizada a identificação de técnicas de inferência aplicadas na manipulação de fórmulas lógicas do diálogo transcrito. Desta análise, pode-se concluir que a técnica de inferência predominante nas diversas situações de raciocínio entre humanos é a de Modus Ponens (ver Seção 3.4.2).

A Figura 4 (linhas 1-4) mostra um diálogo onde é pedido o porque uma lesão é classificada como osteolítica. Nesta figura "T" é uma abreviatura para Tutor e "A" para Aluno. A relação de ser osteolítica como consequência da presença de halo de esclerose, em vista da evidência isolada da constatação do halo de esclerose permite a consistência da justificativa apresentada. O mesmo padrão de raciocínio ocorre nas linhas 5-8 e 9-11 da Figura 4.

1	T: Uma lesão osteolítica como você encaixaria?
2	A: Uma lesão osteolítica geográfica com halo de esclerose é benigna. Mas
3	mesmo sem o halo de esclerose e com margens bem definidas ainda acho
4	que seja uma lesão benigna porque tem um crescimento bem lento.
5	T: E que tipo de reação periosteal você está vendo?
6	A: Tem uma lamela mas não é só. A cortical está íntegra, uma coisa que é
7	importante. Porque na reação tipo casca, a cortical fica descontínua e só o
8	periósteo que continua.
9	T: E que explicação você dá pra isso (osso osteopênico)?
10	A: Vou fazer algumas hipóteses. Primeiro, talvez porque o paciente esteja
11	com membro inativo.

Figura 4. Exemplo de diálogos reais mostrando Modus Ponens

Porém não só de Modus Ponens são constituídas as justificativas. Uma frase com vários predicados descritos, como na Figura 5, pode ser analisada por uma regra de inferência que consegue manipular estes predicados, chamada

Simplificação. Nas linhas 1-4 pode-se ver vários elementos sendo mencionados com sentido de junção destes, o que leva a aplicar a Simplificação neste tipo de frase.

1	T: Quer dizer, este tipo de reação periosteal você encontra mais em tumor.
2	Com todos esses dados que já vimos, lesão permeativa, predominantemente
3	osteolítica, com fratura patológica, com reação periosteal do tipo complexa,
4	você confirma a hipótese de tumor?

Figura 5. Exemplo de diálogos reais mostrando Simplificação

Além destas, também a técnica de inferência por Resolução pode ser identificada como forma de inferência na condução dos diálogos. A Figura 6 mostra um fragmento de diálogo que pode ser enquadrado como o encadeamento de raciocínio nesta técnica. Neste caso, assume-se que o agente "A" do diálogo é responsável por deter relações lógicas entre características de anormalidades e prover explicações sobre fatos isolados da imagem analisada. Sendo assim, o outro agente ("T") é responsável por afirmar fatos isolados da imagem ou questionar fatos (os questionamentos foram ignorados na análise).

1	T: O que acontece com a cartilagem na artrite reumatóide?
2	A: Ela prolifera e invade o osso.
3	T: Sim. Ela destrói o osso e a cartilagem. Além da superfície, você vai olhar
4	também o tamanho da articulação, se aumentou ou diminuiu, se é
5	assimétrica ou não. Até agora fizemos uma análise geral. Vamos então às
6	partes moles neste caso especificamente.
7	A: Comparando o membro inferior direito que tem a lesão com o esquerdo
8	neste raio-x frontal, parece haver uma assimetria importante das partes
9	moles. O perfil direito tem aumento de partes moles na região posterior. Mas
10	prefiro concluir que não tem lesão de partes moles.

Figura 6. Exemplo de diálogos reais mostrando Resolução

3.2 AS BASES DE RELAÇÕES E FATOS

Como o presente trabalho foi baseado em um conjunto de conceitos e ferramentas já existentes, ele precisou seguir os elementos fundamentais da arquitetura deste ambiente. Sendo assim, para a avaliação de uma inconsistência, é

necessário fazer a checagem entre uma Base Estática de Fórmulas Lógicas (BEFL) e uma Base Dinâmica de Fatos sobre a Descrição de uma única Imagem (BDFDI).

A BDFDI é constituída por fatos sobre a descrição de uma única imagem que contêm os valores para as características dos objetos da referida imagem. É chamada de Base Dinâmica, porque pode-se inserir ou retirar fatos sobre a descrição de uma imagem quando for necessário. A Figura 7 mostra um exemplo de BDFDI cujos fatos descrevem os valores das características tamanho (*size*) e calcificação (*calcification*) do objeto "aorta" e da característica tamanho (*size*) dos objetos coração (*heart*), ventrículo direito (*right_ventricle*) e aurícula_direta (*right_atrium*).

```
aorta(sp_157).
heart(sp_160).
right_ventricle(sp_159).
right_atrium(sp_158).
size(sp_157, "markedly_enlarged").
calcification(sp_157, "slightly_calcified").
size(sp_160, "normal").
size(sp_158, "normal").
size(sp_159, "enlarged").
```

Figura 7. BDFDI

A BEFL é constituída por fórmulas lógicas as quais têm por finalidade representar relações de consistência de naturezas variadas entre diferentes classes genéricas de anormalidades que existem entre partes diversas dos elementos de múltiplas imagens. É chamada de Base Estática porque, uma vez definidas as fórmulas lógicas, apenas os fatos concretos sobre as descrições de uma única imagem por vez serão alterados/adicionados, sendo tais alterações restritas ao escopo da BDFDI.

A Figura 8 mostra um exemplo de fórmula lógica da BEFL cujo significado é: “Para todo ventrículo esquerdo (*left_ventricle*) que tiver o tamanho (*size*) com o valor não “normal”, existe um coração (*heart*) com o tamanho (*size*) também não “normal”.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{forall_x forall_y forall_z left_ventricle(_x) \& size(_x, _y) \& \sim (_y = "normal")} \\ \Rightarrow \\ \text{exists_w (heart(_z) \& size(_z, _w) \& \sim (_w = "normal")) } \end{array}}$$

Figura 8. Fórmula lógica da BEFL

É importante dizer que as fórmulas lógicas da BEFL só podem ser alteradas por usuários bem mais especializados, diferentes daqueles que se limitam a alterar a BDFDI. Mesmo assim, como as relações de consistência da BDFDI estão nas fórmulas da BEFL, qualquer alteração da BEFL sujeitará a BDFDI a uma revisão completa de seus fatos. Além disso, a semântica de cada fórmula da BEFL transcende o domínio deste trabalho pois cada uma permite relacionar diversas imagens segundo um mesmo foco de anormalidade de seus objetos, ou ainda segundo focos diferentes de anormalidades. Adicionalmente, no contexto deste trabalho, cada fórmula da BEFL é avaliada apenas para a verificação do estado de consistência de todos os fatos da BDFDI.

Com isso, após ter achado as inconsistências que se caracterizam pelo domínio de uma única fórmula da BEFL, o próximo passo é gerar uma boa mensagem para aquela classe de inconsistência. A Seção 3.4.1 traz detalhes desta geração.

3.3 PREMISSAS SIMPLIFICADORAS

Nesta seção, são abordados os 3 principais aspectos formais de simplificação do espaço de expressões lógicas e seus mecanismos de interpretação. Tais premissas simplificadoras foram adotadas devido à necessidade de prever o acoplamento da ferramenta ALADIM, descrita no Capítulo 4, ao sistema RUI (Direne,

97). Já os mecanismos de interpretação foram adotados para gerar uma mensagem de explicação sobre as inconsistências encontradas. A seguir estão descritas cada uma destas premissas de simplificação como também os seus princípios de interpretação.

3.3.1 O FORMALISMO LÓGICO DE HAYES

Esta representação de conhecimento deve ser construída visando a facilidade com que ela será utilizada na composição de explicações. Porém, como a representação interna de descrições de imagens das quais tratamos é Orientada a Objetos, tornar-se-á necessário um mapeamento adicional deste formato para uma representação equivalente em lógica de predicados de primeira ordem. Foi utilizado para isto, o método sugerido por Hayes (Hayes, 1985), que propõe transformar uma estrutura baseada em *frames* (de representação Orientada a Objeto) para uma representação equivalente em lógica de predicados de primeira ordem (orientada por assertivas lógicas). Conforme a Figura 9, P significa parte anatômica (sp_32 é o nome de um *frame*), C a característica visual e V o valor da característica.

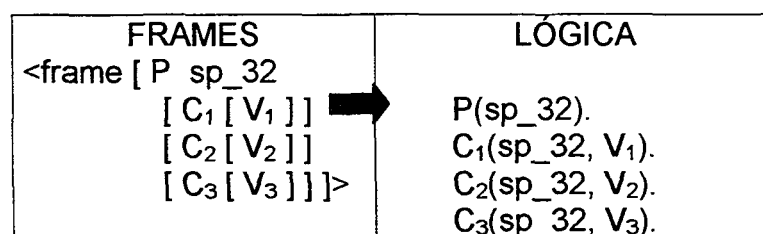


Figura 9. Forma genérica do mapeamento de um *frame* para uma expressão lógica, conforme Hayes

Também de acordo com o formalismo de Hayes, alguns padrões podem ser adotados para facilitar a identificação de uma parte P e de uma característica C. Para a identificação de uma parte P basta apenas localizar um predicado unário, isto é, um predicado que possui apenas um termo. Já uma característica C é identificada pela localização de um predicado binário, isto é, com dois termos. Para a

identificação a qual parte P uma característica C pertence, precisamos instanciar a identidade de uma parte com a característica. Abaixo está um exemplo deste formalismo.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{forall } _x \text{ forall } _y \text{ forall } _z \text{ right_ventricle}(_x) \& \text{ size}(_x, _y) \& \sim (_y = \text{"normal"}) \\ \Rightarrow \\ \text{exists } _w (\text{heart}(_z) \& \text{ size}(_z, _w) \& \sim (_w = \text{"normal"})) \end{array}}$$

Figura 10. Fórmula Lógica

Na Figura 10 pode-se identificar dois predicados unários e dois predicados binários. Assim as duas partes são *left_ventricle* e *heart* e as duas características são referentes a um mesmo predicado *size*. Pode-se notar também que para identificar que característica está relacionada com qual parte, instancia-se a variável "*_x*" da parte *left_ventricle* e consegue-se com isso identificar a característica *size* da parte *left_ventricle*. No exemplo, o mesmo procedimento pode ser usado para identificar a outra característica (*size*) da parte (*heart*).

3.3.2 ELIMINAÇÃO DE QUANTIFICADORES

Numa fórmula lógica os quantificadores são utilizados para saber quantas instâncias de valor uma determinada variável pode assumir em um determinado domínio. Como a construção de termos de predicados não prevê a utilização de funções, todo e qualquer termo pode ser substituído por uma constante. Sendo assim, as definições a serem checadas são redutíveis à Lógica Proposicional.

Portanto, para efeitos de procura de inconsistências nas fórmulas da BEFL para apenas uma imagem, outra simplificação adotada neste trabalho foi a de eliminar os quantificadores com o intuito de facilitar a interpretação das fórmulas lógicas e avaliação de valores-verdade de predicados. Então a Figura 11 mostra como ficaria a fórmula lógica da Figura 10 sendo instanciada contra os dados da Figura 7:

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{right_ventricle(sp_159) \& size(sp_159, "enlarged") \& \sim ("enlarged" = "normal")} \\ \Rightarrow \\ \text{heart(sp_160) \& size(sp_160, "normal") \& \sim ("normal" = "normal")} \end{array}}$$

Figura 11. Fórmula lógica sem os quantificadores

3.3.3 NEGAÇÃO POR OMISSÃO

Negação por omissão significa que o valor-verdade retornado "falso" será retornado caso um predicado de uma fórmula da BEFL seja solicitado e ainda não esteja descrito na BDFDI. Em nosso domínio, a negação por omissão incide apenas sobre os predicados binários. Isto ocorre pois tais predicados expressam características de *frames* como por exemplo *size(sp_99, "markedly_enlarged")*, sendo sempre exigida a definição da instância identificadora do *frame* na imagem associada por meio do predicado unário, como por exemplo: *aorta(sp_99)*.

Sendo assim, se um objeto (ex. *aorta*) for definido segundo várias características (ex. *size*, *elongation*, *calcification*), será considerada "falsa" em uma fórmula da BEFL a característica que não estiver explicitamente definida na BDFDI. Abaixo, na Figura 12 e na Figura 13, estão exemplificadas, respectivamente, um fragmento de fórmula lógica da BEFL e uma BDFDI.

... *aorta(x) \& size(x, y₁) \& elongation(x, y₂) \& calcification(x, y₃) \& ...*

Figura 12. Fragmento de fórmula lógica da BEFL.

aorta(sp_99).
size(sp_99, "enlarged").
elongation(sp_99, "slightly_elongated").

Figura 13. BDFDI contendo uma descrição de imagem

Pode-se notar na Figura 12 que a característica *calcification(x, y₃)* está sendo mencionada em uma fórmula lógica da BEFL e não está na BDFDI. Portanto, quando um valor-verdade for requisitado para *calcification(x, y₃)* em uma avaliação da fórmula lógica, este terá valor "falso" por negação por omissão.

3.4 CONSISTÊNCIA E EXPLICAÇÕES CORRELATAS

Para a geração e montagem de mensagens de inconsistência, uma avaliação a partir das fórmulas lógicas da BEFL será necessária. Achando as inconsistências, uma mensagem bem estruturada é necessária para que a identificação do que está causando aquela inconsistência seja facilmente visualizado por parte do usuário que descreve a imagem. Para que uma boa mensagem seja gerada, vamos lançar mão de avaliação de valores-verdade e técnicas variadas de inferência, tais como Modus Ponens, Simplificação e Resolução.

Importante também é salientar que, a toda inserção de novos fatos na descrição da imagem, um interpretador lógico é ativado em busca de inconsistência. Iterativamente, o interpretador captura qual a última inserção na descrição da imagem (BDFDI), que deve possuir algum valor para uma característica, e com isso sai à procura de fórmulas lógicas na BEFL candidatas a gerarem inconsistências. Primeiramente são selecionadas apenas as fórmulas lógicas que possuem alguma relação com a última característica cujo valor foi alterado, para que as mensagens de explicações de inconsistências tenham foco principal nesta última inserção. Sendo assim, com este foco reduzido, a pessoa que está inserindo as informações na descrição de imagem terá mais facilidade para um rápido ajuste na base, tornando-a consistente.

A escolha das fórmulas lógicas candidatas é feita tomando-se a última característica inserida na descrição da imagem e comparando-a para ver se tal característica está presente em uma determinada fórmula lógica. Cada fórmula lógica que faz referência à característica em questão tem seu valor-verdade calculado. Assim, após ter todas as fórmulas lógicas candidatas que geram inconsistências, aplica-se nelas as técnicas de inferência para a obtenção de

explicações, de acordo com certos padrões sintáticos da fórmula lógica. Os padrões de escolha que permitem determinar qual técnica é mais adequada a cada fórmula lógica estão descritos a seguir.

3.4.1 USO DE TÉCNICAS DE INFERÊNCIA

Conforme dito anteriormente, para a detecção de inconsistências nas informações sobre a descrição da imagem (descrição simbólica) inseridas pelo autor-perito, precisaremos comparar a referida descrição simbólica de uma imagem (BDFDI) com o conjunto de fórmulas lógicas armazenadas na base de conhecimento (BEFL). As fórmulas lógicas referidas definem restrições sobre anormalidades com base em características visuais, onde o conteúdo é organizado por classe de anormalidades em um sistema pré-existente. A partir desta comparação, um interpretador lógico pode calcular os valores-verdade de cada fórmula lógica, podendo assim achar inconsistências, se existir. Nos casos onde pelo menos uma das fórmulas lógicas é falsa, fica caracterizada uma situação de inconsistência da descrição simbólica da imagem. Mais genericamente, inconsistências também podem ser calculadas a partir do cômputo de contradições derivadas de várias fórmulas lógicas.

Todavia, para a montagem de uma explicação sobre a identificação de elementos inconsistentes em uma fórmula lógica, só os valores-verdade não são suficientes. É preciso enquadrar a inconsistência perante algumas técnicas de inferência de maneira a obtermos mais elementos para a construção de uma boa explicação. Sendo assim, a partir da idéia básica que fundamenta cada técnica de inferência, torna-se mais sistemática a identificação de quais elementos são potencialmente os causadores da inconsistência e, com eles, também a geração de uma gama de explicações condizentes com a idéia de restauração da consistência.

Adicionalmente, no escopo deste trabalho, as referidas explicações devem seguir uma linha de argumentação semelhante àquela de um especialista humano no domínio específico.

Entretanto, para fornecer uma explicação convincente, precisaremos de um mecanismo gerador. No presente caso, o referido gerador de mensagens vem equipado com múltiplos procedimentos de comparação de uma vasta gama de padrões de inferência. Isto possibilita adequar um dos padrões comparados como sendo correspondente à forma (sintática) de uma expressão lógica que servirá de base para a montagem da explicação.

Uma vez encontrada uma técnica de inferência que é aplicável à fórmula lógica candidata (inconsistente) para geração de uma mensagem, entra em ação o processo de geração da mensagem que esclarece a inconsistência e tenta propor alteração para restaurar a integridade da BDFDI. Através do uso de técnicas de inferência pode-se realizar manipulações entre as representações da base de conhecimento BEFL de um sistema e a representação da descrição da imagem BDFDI para gerar mensagens aproximadas.

Exemplos de manipulações são aquelas propiciadas pelo uso de técnicas de inferência e instanciação de variáveis tais como: Modus Ponens, Modus Tolens, Simplificação, Silogismo e Resolução. As próximas três seções descrevendo três delas que podem ser consideradas o foco principal deste trabalho para efeitos de aprofundamento dos aspectos conceituais e de implementação de ferramentas de software.

3.4.2 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR MODUS PONENS

Utilizada como a principal técnica de inferência em nosso interpretador, Modus Ponens tem a seguinte formulação, esquematizada na Figura 14:

Dado um fato "a" e uma implicação do tipo " $a \Rightarrow b$ ", pode-se inferir "b".

a.	(Dado)
$a \Rightarrow b$.	(Dado)
<hr/>	
b	(Dedução)

Figura 14. Modus Ponens

Sendo assim, todas as fórmulas lógicas que têm o símbolo da implicação (\Rightarrow) em sua estrutura sintática (de forma), podem ser fórmulas candidatas a serem avaliadas pelo modo de inferência Modus Ponens. Para um maior entendimento de como esta técnica pode ajudar na geração de uma explicação, primeiramente pode-se dizer que a regra de inferência Modus Ponens é uma técnica altamente intuitiva para humanos. Ela também facilita o entendimento de geração de explicação, por ser denominada como uma forma de dedução natural, e principalmente por expressar de maneira direta as relações de causa efeito que existem no domínio específico.

Aliando esta facilidade de entendimento intuitivo da regra Modus Ponens com alguns padrões de mensagens retirados de diálogos transcritos de seres humanos, pode-se gerar mensagens de explicações aceitáveis para a compreensão humana. Para isso acontecer, foi conveniente a criação de máscaras (gabaritos) de classes de mensagens para retratar bem os padrões de texto. Mas como a quantidade de máscaras de classes de mensagens é um pouco extensa, optou-se nesta dissertação por expor apenas as principais nesta seção, deixando a lista restante de máscaras para o próximo capítulo (ver Capítulo 4).

Uma máscara de classe de mensagem tem como principais lacunas/componentes, elementos extraídos da fórmula lógica individual que será usada na detecção da inconsistência. Então, para a escolha de uma entre as várias

máscaras de classes de mensagem, a estrutura sintática da fórmula lógica inconsistente é levada em consideração. Com isso, pode-se comparar melhor a fórmula lógica contra as diversas categorias de máscaras de acordo com fatores que permitem correspondência. Como fatores de correspondência, pode-se citar dois exemplos: (1) apenas uma característica (C) na antecedente e uma na conseqüente; (2) mais de uma característica (C) na antecedente e mais de uma na conseqüente, observando também a que parte (P) as várias características correspondem, além dos operadores "&" (interseção lógica) e "#" (união lógica) que as conectam.

Na Figura 15 temos duas fórmulas lógicas que fazem parte de uma BEFL e que foram propositadamente escolhidas para ilustrar os exemplos (1) e (2) descritos no parágrafo anterior. A partir delas, pode-se perceber os padrões de máscaras que podem ser extraídos, bem como os padrões para geração das mensagens de explicação. Nestas fórmulas lógicas, pode-se notar que ambas têm uma estrutura onde Modus Ponens pode ser aplicada, pois elas contêm a implicação (\Rightarrow) e a equivalência (\Leftrightarrow). A equivalência (\Leftrightarrow) pode ser desdobrada em duas implicações, ou seja, uma fórmula " $a \Leftrightarrow b$ " pode ser desdobrada em " $a \Rightarrow b$ " e " $b \Rightarrow a$ ", o que nos leva a aplicar duas vezes a regra Modus Ponens neste caso.

1	$[\text{forall_x forall_y forall_z (right_atrium_x) \& size_x_y) \& } \sim (_y = \text{"normal"})$ \Rightarrow $\text{exists_w (heart_z) \& size_z_w) \& } \sim (_w = \text{"normal"}))]]$
2	$[\text{forall_a forall_b forall_c forall_d forall_e forall_f}$ $(\text{heart_a) \& size_a_b) \& } \sim (_b = \text{"normal"}))$ \Leftrightarrow $\text{exists_x (left_ventricle_c) \& size_c_x) \& } \sim (_x = \text{"normal"})) \#$ $\text{exists_y (right_ventricle_d) \& size_d_y) \& } \sim (_y = \text{"normal"})) \#$ $\text{exists_z (left_atrium_e) \& size_e_z) \& } \sim (_z = \text{"normal"})) \#$ $\text{exists_w (right_atrium_f) \& size_f_w) \& } \sim (_w = \text{"normal"}))]]$

Figura 15. Algumas fórmulas lógicas de uma BEFL

Na primeira fórmula lógica da Figura 15 pode-se notar que apenas uma característica (C) de uma parte (P) é mencionada na antecedente e na conseqüente; então a máscara para fórmulas lógicas deste tipo seria referente a estes dois fatores. Mas existem muitas variantes de máscara aplicáveis a este tipo de fórmula lógica, pois a característica da conseqüente pode não estar descrita explicitamente na BDFDI ainda, ou mesmo a última inserção na BDFDI pode estar na antecedente ou na conseqüente. Além disso, outra variante da análise de inconsistência está na possibilidade da explicação não se aplicar ao processo iterativo normal de restauração da integridade da BDFDI. Esta situação pode se caracterizar por meio de eventos, tais como "salvar" ou "recuperar" a descrição da imagem, o que muda um pouco o contexto de uso da máscara para a fórmula lógica inconsistente.

Já para a segunda fórmula lógica da Figura 15 pode-se visualizar que, na conseqüente, existe mais de uma característica envolvida, sendo necessário para esta máscara não apenas as variantes descritas acima para a primeira fórmula lógica. Logo, de forma incremental, é necessário também analisar que operadores lógicos "#" e "&" estão relacionados às características (C) e suas partes (P) na estrutura, para com isso saber qual das características deve ser mencionada com ênfase na mensagem de explicação.

Para ilustrar a geração de uma mensagem a partir do uso do operador "#", considere a fórmula 2 da Figura 15. Aliado a isto, a Figura 16 mostra uma BDFDI descrevendo a característica *size* de uma *superior_vena_cava* (linha 4), de um *right_atrium* (linha 5) e de um *heart* (linha 6). Relacionando a fórmula 2 com a última inserção (6 na Figura 16) na BDFDI uma inconsistência é gerada, pois a fórmula mostra que se o *size* do *heart* é não *normal* então o *size* do *left_ventricle* ou o *size*

do *right_ventricle* ou o *size* do *left_atrium* ou o *size* do *right_atrium* tem que ser não *normal* também.

1	[<i>heart</i> (<i>sp_160</i>)]
2	[<i>superior_vena_cava</i> (<i>sp_170</i>)]
3	[<i>right_atrium</i> (<i>sp_158</i>)]
4	[<i>size</i> (<i>sp_170</i> , " <i>normal</i> ")]
5	[<i>size</i> (<i>sp_158</i> , " <i>normal</i> ")]
6	[<i>size</i> (<i>sp_160</i> , " <i>enlarged</i> ")]

Figura 16. BDFDI

Para gerar a mensagem de explicação, o interpretador primeiramente verifica qual é a fórmula lógica que está causando a inconsistência. Após achada, o interpretador verifica qual regra de inferência é melhor aplicada à fórmula lógica, e neste caso como existe o símbolo da implicação (\Rightarrow) na estrutura sintática, verifica que a regra é Modus Ponens. Com isso, a geração da mensagem de explicação agora depende de uma análise de quais elementos precisam estar mencionados na mensagem, para deixar claro como a integridade da BDFDI deve ser restaurada.

Entretanto, o interpretador precisa relacionar a última inserção, pois foi ela que causou a inconsistência, com algum(ns) outro(s) elemento(s). Analisando a fórmula 2 da Figura 15, vemos que a última inserção está sozinha na antecedente, mas no entanto na conseqüente existe mais de uma característica (C) que pode fazer parte da mensagem de explicação. Então para descobrir qual(is) elemento(s) deve(m) ser mencionado(s) precisamos reconhecer qual operador lógico está interligando-o(s). Analisando a fórmula lógica pode-se perceber que só existe operadores "#", o que leva a interpretar que o valor de pelo menos uma característica deve ser alterada na BDFDI.

Para este exemplo, a seguinte mensagem seria gerada pelo interpretador: *You have just given "enlarged" as the value for the "size" of the "heart", therefore one of the values of the characteristics "size" of the "left_ventricle" or "size" of the "right_ventricle" or "size" of the "left_atrium" or "size" of the "right_atrium" should be altered.*

Com base no exposto acima, optou-se neste trabalho por uma implementação mais completa destas máscaras na ferramenta ALADIM, e que terá um melhor detalhamento no capítulo 4.

3.4.3 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR SIMPLIFICAÇÃO

Esta regra de inferência pode ser aplicada, por exemplo, a fórmulas lógicas que não foram submetidas à Modus Ponens, pois as expressões contam com a presença exclusiva de operadores "&" na conexão dos predicados das características. A formulação teorema para esta regra de inferência está esquematizada na Figura 17, a qual mostra que, de uma fórmula lógica com conectores "&" entre predicados, pode-se inferir qualquer um dos predicados componentes. A inferência é válida até mesmo quando a_1, a_2, \dots, a_n não são átomos.

$a_1 \& a_2 \& \dots \& a_n$
$\therefore a_1$
$\therefore a_2$
\dots
$\therefore a_n$

Figura 17. Simplificação (n formas para inferir)

Fazendo um estudo genérico da técnica pode-se dizer que, se uma fórmula lógica é avaliada como "falsa" e se nesta só há operadores "&" entre predicados, então no mínimo um dos predicados está com valor verdade "falso". Assim, se alterarmos o valor dos predicados avaliados como "falsos", considerados da esquerda para a direita, pode-se tornar a inferência válida. Considerando que a

fórmula lógica deste tipo é a única com avaliação "falsa" na BDFDI e que, após este processo, ela esteja com sua avaliação "verdadeira", isto faz com que a BDFDI recupere a consistência dos dados.

Na Figura 18 pode-se ver uma fórmula lógica da BEFL com três predicados de características separados pelo conector "&" e na Figura 19 pode-se ver uma BDFDI. Fazendo a avaliação da fórmula lógica pode-se notar que a primeira característica (C) com sua parte (P), da esquerda para a direita, avaliada como "falsa" é o *size* da *superior_vena_cava*. Desta forma, para poder recuperar a integridade da BDFDI precisa-se mudar o valor da referida característica. Para esta correção acontecer uma mensagem de explicação é gerada pelo interpretador com o seguinte aspecto: *With the description "enlarged" as the value for the "size" of the "superior_vena_cava", an inconsistency was generated in the supplied image description. Reconsider the value supplied for this feature to restore the consistency of the image description.*

```
forall _a forall _b forall _c forall _d forall _e forall _f
  ( right_atrium (_a) & size (_a, _b) & ~ (_b = "normal" ) ) &
  ( superior_vena_cava (_c) & size (_c, _d) & (_d = "normal" ) ) &
  ( heart (_e) & size (_e, _f) & ~ (_f = "normal" ) )
```

Figura 18. Uma fórmula lógica para exemplificar Simplificação

1	[heart (sp_160)]
2	[superior_vena_cava (sp_170)]
3	[right_atrium (sp_158)]
4	[size (sp_170 , "enlarged")]
5	[size (sp_158 , "enlarged")]
6	[size (sp_160 , "markedly_enlarged")]

Figura 19. BDFDI para exemplificar Simplificação

3.4.4 GERAÇÃO DE EXPLICAÇÃO POR RESOLUÇÃO

A regra de inferência de Resolução foi utilizada em nosso interpretador para a geração de mensagem de explicação quando as outras regras de inferência (Modus Ponens e Simplificação) não são aplicáveis a uma fórmula lógica inconsistente. A descrição do método da Resolução pode ser visualizada na Figura 20 onde aparece uma expressão clausal e mais dois fatos "b" e "c". Neste exemplo pode-se notar elementos que estão sendo podados (1 e 2) e um elemento que está sendo inferido, mostrando assim o princípio do método da Resolução.

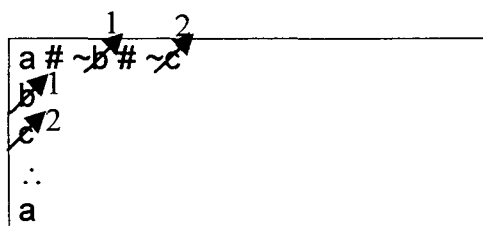


Figura 20. Resolução

O método de Resolução é utilizado somente para fórmulas clausais, isto é, fórmulas que possuem apenas "#" entre predicados de características. Então, diferente da regra de Simplificação que somente trata fórmulas lógicas que têm o conector "&" entre predicados, onde apenas uma das características precisa ser "falsa" para que a expressão seja avaliada como "falsa", na Resolução todas as características e suas partes envolvidas na expressão lógica devem ser avaliadas como "falsas" para que toda expressão torne-se "falsa". Sendo assim, a recuperação da consistência da BDFDI pode se dar pela modificação no valor de apenas uma característica envolvida na expressão, pois apenas conectores "#" estão interligando as características.

Para entender como esta técnica pode ajudar na geração de uma explicação, pode-se visualizar na Figura 21 uma expressão lógica da BEFL avaliada como "falsa". A Figura 22 apresenta uma BDFDI contra a qual a avaliação da fórmula foi

feita. Então, como os conectores são "#" entre características, a dificuldade é em escolher qual(is) característica(s) deve(m) aparecer, com ênfase, na mensagem de explicação e é neste momento que o algoritmo da Resolução é utilizado. O algoritmo procura por todos os predicados das características que podem ser podados, dois a dois, contra fatos da BDFDI.

Após a identificação destes elementos, a prioridade para a mensagem fica focada nos elementos não podados. Neste caso, há duas abordagens heurísticas básicas que foram adotadas: (1) ao menos um dos predicados não podados não está descrito na BDFDI; (2) todos os predicados não podados estão descritos explicitamente na BDFDI. No caso 1, apesar de todos os predicados de características estarem "falsos", após a poda escolhemos os predicados que ainda não estão descritos na base para gerar a mensagem de explicação. Na Figura 21 e na Figura 22 pode-se ver um exemplo deste caso, onde a poda acontece com as características *size* tanto do *right_atrium* quanto do *heart*. Assim, a característica *size* da *superior_vena_cava* é o elemento que não está descrito na BDFDI, sendo esta que irá mencionada na mensagem de explicação que ficará com este aspecto: *As the value of the characteristic "size" of the "superior_vena_cava" is not still described in the base, it is believed that it is the generating of the inconsistency. We advised to attribute a value immediately for this characteristic.*

```
forall _a forall _b forall _c forall _d forall _e forall _f
  ( right_atrium (_a) & size (_a, _b) & ~ (_b = "normal" ) ) #
  ( superior_vena_cava (_c) & size (_c, _d) & (_d = "normal" ) ) #
  ( heart (_e) & size (_e, _f) & ~ (_f = "normal" ) )
```

Figura 21. Uma fórmula lógica para exemplificar Resolução

1	[<i>heart</i> (sp_160)]
2	[<i>superior_vena_cava</i> (sp_170)]
3	[<i>right_atrium</i> (sp_158)]
4	[<i>size</i> (sp_158 , "normal")]
5	[<i>size</i> (sp_160 , "normal")]

Figura 22. BDFDI para exemplificar Resolução

No caso 2, como todos os elementos não podados estão descritos explicitamente na BDFDI mas estão com valores incorretos, a técnica de Resolução não vai produzir uma inferência. Neste caso, como todos os predicados das características estão "falsos" e a Resolução não consegue localizar candidatos a serem mencionados com ênfase na mensagem de ajuda, então qualquer uma das características pode ser alterada para recuperar a consistência. Assim, se na Figura 22 fosse inserido o *size* da *superior_vena_cava* como sendo *enlarged*, cairíamos neste caso. Assumindo isto, a mensagem de explicação ficaria desta forma: *An inconsistency was generated in the supplied image description. Review the value supplied for the characteristic "size" of the "right_atrium" or "size" of the "superior_vena_cava" or "size" of the "heart".*

Um outro caso além destes dois subcasos, é aquele onde não há nenhum predicado de característica para ser podado. Então, é utilizado o mesmo padrão que está sendo aplicado no subcaso 2 apresentado anteriormente.

4. ALADIM: UMA APLICAÇÃO

Vista a necessidade de apoiar o ambiente RUI, já apresentado no capítulo 1, a ferramenta ALADIM foi construída para manter sua base de imagens consistentes, mesmo havendo independência de autores entre os níveis conceitual e produção. É uma ferramenta de software criada para ilustrar os conceitos de explicação gerada a partir de inconsistências em uma base lógica. ALADIM foi implementada em POP11 para manter compatibilidade total com o ambiente RUI e para isso utilizou algumas metodologias pré-estabelecidas neste ambiente como, por exemplo, a formalização de Hayes (HAYES, 1985) para a correspondência entre frames e lógica. Durante a construção da ferramenta ALADIM foram adotadas algumas premissas simplificadoras, pois utilizamos um sub-conjunto da lógica de predicados de primeira ordem. Além disso, o fato de termos fórmulas para o escopo da descrição de apenas uma imagem por vez faz com que possamos restringir as possibilidades de quantificação, obtendo assim uma lógica proposicional.

4.1 ARQUITETURA FUNCIONAL DE ALADIM

Considerando os métodos utilizados para a construção de ALADIM, esta ferramenta foi projetada para abranger os aspectos das simplificações conceituais adotadas no capítulo 3, como também as técnicas de inferência para a geração de explicações. Na Figura 23 pode-se visualizar os módulos de funcionamento da ferramenta ALADIM quando acoplada ao ambiente RUI.

Os itens seguintes deste capítulo estarão detalhando estas partes que formam a ferramenta.

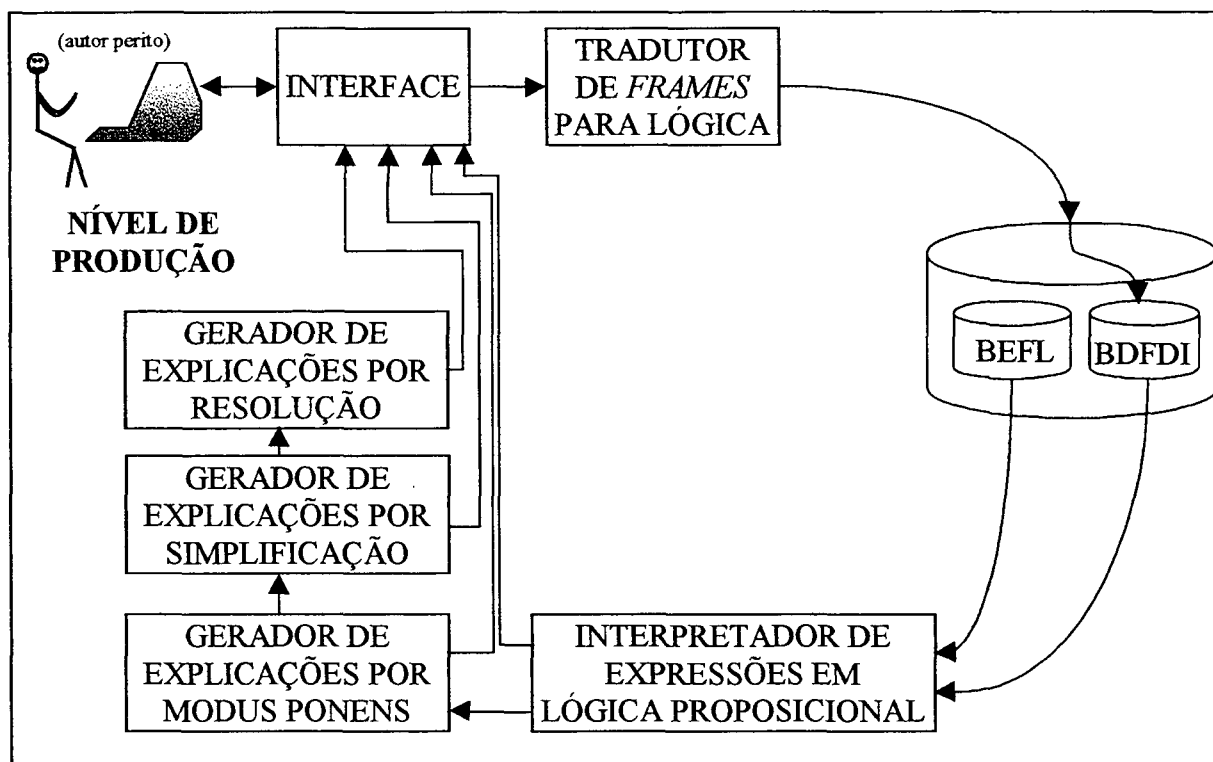


Figura 23. Arquitetura funcional de ALADIM

4.2 TRADUTOR DE *FRAMES* PARA LÓGICA

O primeiro passo de verificação da consistência é na verdade apenas um processo de tradução da representação de *frames* para lógica. Isto pode ser obtido pelo formalismo de Hayes (HAYES, 1985) conforme descrito na Seção 3.3.1. Assim pode-se notar na Figura 24 um exemplo de fragmento de uma BDFDI representado por *frames* do sistema RBFS (Barber, Marshall e Boardman, 1988) (Rule Based Frame System) utilizado no ambiente RUI.

```
< frame [ heart sp_160
        [ size [ enlarged ] ]
        [ cardiothoracic_ratio [ 0.65 ] ] ]>

< frame [ superior_vena_cava sp_170
        [ size [ normal ] ] ]>

< frame [ right_atrium sp_158
        [ size [ normal ] ] ]>
```

Figura 24. Fragmento de uma BDFDI em representação por “frames”

Este mesmo fragmento de uma BDFDI pode ser visualizado na Figura 25, mas agora representado em lógica.

```
heart ( sp_160 ).
size ( sp_160 , "enlarged" ).
cardiothoracic_ratio ( sp_160, 0.65).
superior_vena_cava ( sp_170 ).
size ( sp_170 , "normal" ).
right_atrium ( sp_158 ).
size ( sp_158 , "normal" ).
```

Figura 25. Fragmento de uma BDFDI representado por lógica

4.3 INTERPRETADOR DE EXPRESSÕES EM LÓGICA PROPOSICIONAL

Como consequência de eliminação dos quantificadores das fórmulas do BEFL (vide Seção 3.3.2) é possível enquadrar tais fórmulas não como sendo da Lógica de Predicados de 1ª Ordem mas sim como da Lógica Proposicional estendida com uma única instanciação de valor constante para cada variável. Para tanto, basta instanciar cada variável do termo dos predicados unários com o identificador do objeto (*frame*) possuidor da característica. Da mesma forma, devem ser instanciadas as mesmas variáveis que ocupam o primeiro termo dos predicados binários.

Para compreender melhor o que é descrito acima, a Figura 26 mostra uma fórmula da BEFL contendo dois predicados unários, *left_ventricle* e *heart*, com as variáveis "_x" e "_z" respectivamente, que devem ser instanciadas de forma correspondente com seus predicados binários referentes às características. Nestes casos, ambas as características são *size*, sendo que a instanciação para *left_ventricle* é feita com a primeira variável de *size* tendo como variável de valor de característica "_y" e a instanciação para *heart* tem como variável de valor de característica "_w".

$$\begin{array}{c} \text{left_ventricle}(_x) \ \& \ \text{size}(_x, _y) \ \& \ \sim (_y = \text{"normal"}) \\ \Rightarrow \\ \text{heart}(_z) \ \& \ \text{size}(_z, _w) \ \& \ \sim (_w = \text{"normal"}) \end{array}$$

Figura 26. Uma fórmula da BEFL

Após esta instanciação de variáveis, o interpretador sai à procura de valores para elas por meio de casamento de padrão na BDFDI, para posteriormente fazer a análise do valor-verdade de cada um dos predicados e finalmente avaliar com isso se a fórmula lógica gera inconsistência. Quando, analisada a BDFDI, nenhuma inconsistência é encontrada, este mecanismo simplesmente não retorna nenhuma mensagem, nem ativa nenhum outro módulo da ferramenta ALADIM. Já quando é descoberta uma fórmula inconsistente na BDFDI, o interpretador aciona outros módulos que irão analisar a que classe a referida fórmula lógica pertence e com isso tentar gerar uma mensagem de explicação. Estes módulos que estão descritos nas Seções 4.4, 4.5 e 4.6 foram implementados para produzir explicações que refletem respectivamente, a idéia básica das técnicas de inferência Modus Ponens, Simplificação e Resolução. Outras técnicas poderão ser incluídas no futuro.

4.4 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR MODUS PONENS

Como descrito anteriormente, para que uma expressão lógica seja avaliada pelo mecanismo que usa a técnica de inferência Modus Ponens para geração de explicação, a expressão lógica precisa ter em sua estrutura o símbolo da implicação (\Rightarrow). Além disso, o gerador de explicação foi implementado a partir de alguns modelos de máscaras (*templates*) que foram criados para padronizar a geração de mensagens de explicações para inconsistências encontradas na BDFDI. Estas máscaras foram fundamentadas puramente na estrutura sintática da expressão lógica com o símbolo da implicação (\Rightarrow) juntamente com o teorema de Modus Ponens, visto na Figura 14 da Seção 3.4.2. Para formalizarmos as classes de máscaras usadas, foram considerados diversos cálculos complementares de valores verdade, incluindo as características da antecedente e da conseqüente, assim como da implicação em si.

Sabe-se que uma expressão lógica com a estrutura da implicação pode ser avaliada como "falsa" apenas em uma situação. Aliado a isto, as máscaras podem ser subdivididas em 4 grandes grupos, que por sua vez também têm outras subdivisões, de acordo com as seguintes características:

- (1) expressões que possuem apenas uma característica (C) na antecedente e na conseqüente. Um exemplo seria:

$$\begin{aligned} & \text{left_ventricle}(_x) \& \text{size}(_x, _y) \& \sim(_y = \text{"normal"}) \\ & \Rightarrow \\ & \text{heart}(_z) \& \text{size}(_z, _w) \& \sim(_w = \text{"normal"}) \end{aligned}$$

- (2) expressões que possuem apenas uma característica (C) na antecedente e mais de uma na conseqüente. Um exemplo seria:

$$\begin{aligned} & \text{heart}(_a) \& \text{size}(_a, _b) \& \sim(_b = \text{"normal"}) \\ & \Rightarrow \\ & (\text{left_ventricle}(_c) \& \text{size}(_c, _x) \& \sim(_x = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{right_ventricle}(_d) \& \text{size}(_d, _y) \& \sim(_y = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{left_atrium}(_e) \& \text{size}(_e, _z) \& \sim(_z = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{right_atrium}(_f) \& \text{size}(_f, _w) \& \sim(_w = \text{"normal"})) \end{aligned}$$

- (3) expressões que possuem mais de uma característica (C) na antecedente e apenas uma na conseqüente. Um exemplo seria:

$$\begin{aligned} & (\text{left_ventricle}(_c) \& \text{size}(_c, _x) \& \sim(_x = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{right_ventricle}(_d) \& \text{size}(_d, _y) \& \sim(_y = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{left_atrium}(_e) \& \text{size}(_e, _z) \& \sim(_z = \text{"normal"})) \# \\ & (\text{right_atrium}(_f) \& \text{size}(_f, _w) \& \sim(_w = \text{"normal"})) \\ & \Rightarrow \\ & \text{heart}(_a) \& \text{size}(_a, _b) \& \sim(_b = \text{"normal"}) \end{aligned}$$

- (4) expressões que possuem mais de uma característica (C) na antecedente e mais de uma na conseqüente. Um exemplo seria:

$$\begin{aligned} & (\text{aorta}(_x) \& \text{size}(_x, _y) \& \sim(_y = \text{"normal"})) \& \\ & (\text{aneurysm}(_r) \& \text{width}(_r, _s) \& (_s \leq 5)) \\ & \Leftrightarrow \\ & (\text{wall}(_z) \& \text{irregularity}(_z, _w) \& \sim(_w = \text{"normal"})) \& \\ & (\text{thrombus}(_z, \text{"present"})) \end{aligned}$$

No grupo (1) pode-se notar que apenas uma característica (C) de uma parte (P) é mencionada na antecedente e na conseqüente, então a máscara para fórmulas lógicas deste tipo seria referente a estes dois fatores. Como dito anteriormente, existem várias subdivisões neste grupo de máscara, pois a característica da conseqüente pode não estar descrita explicitamente na BDFDI ainda, ou mesmo a última inserção na BDFDI pode estar na antecedente ou na conseqüente. Além disso, outra variante da análise de inconsistência está na possibilidade da explicação não se aplicar ao processo iterativo normal de restauração da integridade da BDFDI. Esta situação pode se caracterizar por meio de eventos, tais como "salvar" ou "recuperar" a descrição da imagem, o que muda um pouco o contexto de uso da máscara para a fórmula lógica inconsistente.

Já nos grupos (2), (3) e (4) pode-se visualizar que a antecedente e/ou a conseqüente possuem mais de uma característica (C) envolvida, sendo necessário para estas máscaras não somente as variantes descritas para o grupo (1). Além disso, é necessário também analisar que operadores lógicos "#" e "&" estão relacionados às características (C) e suas partes (P) na estrutura, para com isso saber qual das características deve ser mencionada com ênfase na mensagem de explicação. Vendo os exemplos acima e associando com as tabelas verdade da implicação (\Rightarrow), da interseção lógica ("&") e da união lógica ("#") uma descrição mais detalhada para cada um dos casos será dada a seguir.

Uma primeira abordagem destas subdivisões de máscaras seria em relação à última inserção estar localizada na expressão lógica quando se trata do método de checagem interativa da consistência, ou seja, se a última inserção está na antecedente ou na conseqüente. Isto atinge diretamente o padrão da mensagem, pois já que no modo iterativo a inserção é o principal elemento gerador da

inconsistência, ela deve ter prioridade sobre os outros possíveis causadores da inconsistência. Desta maneira, qualquer outro elemento que apareça junto à última inserção na antecedente ou conseqüente, não será analisado pelo interpretador. No entanto, os outros elementos que não estejam junto com a última inserção, na antecedente ou na conseqüente, devem passar por um processo de interpretação para saber que padrão de máscara deverá ser utilizado para mencioná-los.

Sendo assim, quando o interpretador estiver manipulando mais de uma característica na antecedente ou na conseqüente, ele deve descobrir qual(is) elemento(s) deve(m) ser mencionado(s) na mensagem de explicação. Para isso, é necessário o reconhecimento de qual operador lógico está interligando as características, visto que o operador lógico influencia tanto na quantidade de característica referidas quanto como devem ser mencionadas estas características na mensagem de explicação.

Analisando uma expressão lógica com o operador lógico "#" entre predicados de características, isto leva à interpretação que todas as características na expressão estão sendo avaliadas como "falsas". Então um meio para que a expressão seja avaliada como sendo "verdadeira" é aquele onde, pelo menos uma das características deve ser alterada nesta expressão para que seja restaurada a consistência da fórmula. Com isso, na mensagem de explicação devem aparecer todas as características que estão sendo avaliadas pelo interpretador. Para este caso um exemplo já foi dado na Seção 3.4.2, onde foi descrita a base teórica assim como ilustrações na Figura 15 e na Figura 16.

Já a interconexão por meio de "&", leva à conclusão que pelo menos uma das características está com valor "falso" para que uma inconsistência esteja sendo gerada pela fórmula lógica. Então, uma maneira de restaurar a consistência é achar

a primeira característica, da esquerda para a direita, que é avaliada como "falsa" na expressão e inseri-la na mensagem de explicação, para que uma mudança em seu valor provoque uma avaliação "verdadeira". Faz-se isso até que todos os predicados de características da expressão sejam avaliadas como "verdadeira", tornando-se assim uma expressão consistente.

Na Figura 27 vê-se uma fórmula lógica com mais de um predicado de característica na antecedente e na conseqüente e na Figura 28 uma BDFDI é mostrada. Assim verifica-se a inconsistência da fórmula e constata-se que o primeiro predicado de característica da conseqüente que está "falso" é o *irregularity* do *wall*. Então a mensagem de explicação ficaria assim: *You have just given "enlarged" as the value for the "size" of the "aorta", therefore the value of feature "irregularity" of the "wall" could not be "normal". Please, reconsider the value given for the "size" of the "aorta" or change the value of the "irregularity" of the "wall".*

```
forall _x forall _y forall _r forall _s forall _z forall _w
  ( aorta(_x) & size(_x, _y) & ~ (_y = "normal") ) &
  ( aneurysm(_r) & width(_r, _s) & (_s <= 5) )
  ⇔
  ( wall(_z) & irregularity(_z, _w) & ~ (_w = "normal") ) &
  ( thrombus(_z, "present") )
```

Figura 27. Fórmula lógica da BEFL

```
size ( sp_143 , "enlarged" ).
width ( sp_156 , 4 ).
irregularity ( sp_168 , "normal" ).
thrombus (sp_168, "present").

aorta ( sp_143 ).
aneurysm ( sp_156 ).
wall ( sp_168 ).
```

Figura 28. BDFDI para exemplificar Modus Ponens com mais de um predicado de característica na antecedente e na conseqüente

Com todas estas máscaras para gerar mensagens de explicação, a grande maioria das fórmulas lógicas avaliadas como inconsistentes terá uma explicação para a recuperação da integridade da BDFDI. Mas mesmo assim, existem fórmulas lógicas que estão sujeitas a não terem uma explicação para a sua inconsistência. Estas expressões lógicas possuem mais de um predicado de características na antecedente e/ou na conseqüente, mas estes predicados estão separados por conectores lógicos "&" e "#", o que esteve fora do escopo deste trabalho até o momento. Porém, para este tipo de expressão lógica poderá ser criado um conjunto adicional de máscaras de mensagens de explicação o que poderá ser objeto de estudos futuros.

4.5 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR SIMPLIFICAÇÃO

Expressões lógicas “falsas” podem ser avaliadas por Simplificação quando estas possuírem a presença exclusiva de operadores "&" na conexão dos predicados das características. Observando em uma fórmula lógica “falsa” somente com operadores "&" entre predicados, então pode-se dizer que no mínimo um dos predicados está com valor verdade “falso”.

Assim, o algoritmo implementado para recuperar a avaliação da fórmula lógica como “verdadeira”, segue, da esquerda para a direita, procurando por predicados com valor verdade “falso”, para que no final da busca todos os predicados tornem-se “verdadeiros”.

Uma fórmula lógica da BEFL, como a mostrada na Figura 18 do Capítulo 3, é submetida ao método da Simplificação que verifica a existência de três predicados de características separados pelo conector "&". Com a descrição da imagem vista na Figura 19 do Capítulo 3, a inconsistência é descoberta na característica *size* da *superior_vena_cava*. Assim, o método da Simplificação gera uma mensagem de

explicação para a recuperação da integridade da BDFDI: *With the description "enlarged" as the value for the "size" of the "superior_vena_cava", an inconsistency arose in the image description. Reconsider the value supplied for this feature to restore the consistency of the image description.*

4.6 GERADOR DE EXPLICAÇÃO POR RESOLUÇÃO

Conforme visto na Seção 3.4.4, fórmulas lógicas que possuem apenas conectores “#” entre predicados são chamadas fórmulas clausais e é neste tipo de fórmula que o método de Resolução vai ser acionado. Em fórmulas clausais, todos os predicados de características devem ser avaliados como “falsos” para que a expressão como um todo seja “falsa”. Assim, para tornar a BDFDI consistente precisa-se que apenas uma das características envolvidas na fórmula lógica clausal tenha seu valor “verdadeiro”.

Para entender como esta técnica pode ajudar na geração de uma explicação, pode-se visualizar na Figura 21 do Capítulo 3 uma expressão lógica da BEFL avaliada como "falsa", a qual é cruzada contra a BDFDI da Figura 22 do Capítulo 3. Após feito isto, a dificuldade é em escolher qual(is) característica(s) deve(m) aparecer, com ênfase, na mensagem de explicação. O algoritmo procura por todos os predicados das características que podem ser podados, dois a dois, contra fatos da BDFDI.

Após a identificação destes elementos, a prioridade para a mensagem fica focada nos elementos não podados. Conforme explicação na Seção 3.4.4, foram implementadas duas abordagens heurísticas básicas de geração: (1) ao menos um dos predicados não podados não está descrito na BDFDI; (2) todos os predicados não podados estão descritos explicitamente na BDFDI. Para efeito de exemplo implementado, usaremos o mesmo exemplo da seção 3.4.4. Assim, pode-se

visualizar na Figura 21 e na Figura 22, que a poda acontece com as características *size* tanto do *right_atrium* quanto do *heart*. Assim, a característica *size* da *superior_vena_cava* é o elemento que não está descrito na BDFDI, sendo esta que irá mencionada na mensagem de explicação que ficará com este aspecto: *As the value of the characteristic "size" of the "superior_vena_cava" is not still described in the base, it is believed that it is the generating of the inconsistency. We advised to attribute a value immediately for this characteristic.*

5. CONCLUSÃO

A presente dissertação é uma contribuição para a criação de um interpretador de relações lógicas entre as classes de anormalidades descritas em uma base de conhecimento, com aplicação ao sistema RUI para a descrição de imagens inseridas pelo autor. Com isso, é possível encontrar inconsistência na descrição da imagem e gerar explicações de caráter leigo para ajudar um autor-perito em Radiologia Médica a reformular as suas descrições. Com esta reformulação os dados que ficarão armazenados na base de conhecimento serão de qualidade, ou seja, não haverá erros de consistência no assunto codificado. Além disso, o aluno aprendiz terá um ensino, em média, mais coerente devido a um aumento da qualidade do material de ensino.

Com a construção deste novo módulo, integrado ao ambiente RUI, destinado à interpretação de relações lógicas entre dados contidos nas bases de conhecimento de autoria, pode-se obter melhorias significativas na codificação de conhecimento. As principais vantagens deste interpretador são a qualidade do conhecimento codificado, a independência de autores entre o nível conceitual e o de produção do ambiente RUI e a facilidade de uso da ferramenta por meio de explicações sobre inconsistência de descrições de imagens fornecidas durante a autoria.

Todavia, estes mecanismos adicionais de verificação de consistência podem também trazer algumas desvantagens quanto à independência de autores. Isto se dá quando profissionais apresentam visões divergentes de uma mesma anormalidade do mundo real, pois relações lógicas têm a elas associadas uma margem probabilística de erro. Também nesta linha de autores diferentes para a Ferramenta de Especificação e para a Ferramenta de Descrição de Imagem, podem surgir inconsistências que somente podem ser restauradas com alteração de

definições no nível conceitual (na BEFL). Sendo assim, casos altamente atípicos, porém reais, muitas vezes não poderão ser descritos com precisão.

Como metas futuras de pesquisa deve-se incluir um mecanismo que, através de técnicas heurísticas aplicadas às fórmulas lógicas do nível conceitual, consiga uma maior abrangência na quantidade de material codificado na descrição da imagem. Isto conduziria a um conhecimento mais completo de uma determinada imagem, implicando em um alto grau de cobertura no assunto ensinado. A partir daí, dependerá somente da *shell* tutorial para exposição de todas as informações que estão codificadas.

Uma outra linha futura de trabalho está relacionada com a ampliação das representações de relações lógicas de uma BEFL do ambiente RUI (*feature restrictions*) para que elas incorporem um fator (percentual) de validade. Esta extensão de representação passaria a inserir um grau de incerteza ao raciocínio lógico. Com isso poderíamos deixar mais flexíveis as definições das classes de anormalidades do nível conceitual para que, sem gerar inconsistências, todas as espécies de anormalidades pudessem ser representadas como são na realidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. R. (1992). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*. 89, p. 369-406.
- Azevedo, R., Lajoie, S. e Desaulniers, M. (1997). Radtutor: The theoretical and empirical basis for the design of a mammography interpretation tutor. In du Boulay, B. and Mizoguchi, R., editors, *Artificial Intelligence in Education*, p. 386-393. IOS Press.
- Barber, T. J., Marshall, G. e Boardman, J. T. (1988). Tutorial - a Philosophy and Architecture for a Rule-Based Frame System: RBFS. *Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 1, Número 2, p. 67-86.
- Beller, S. e Hoppe, H. (1993). Deductive error reconstruction and classification in a logic programming framework. *Proceedings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education*, p. 433-440.
- Blessing, S. B. (1997). A Programming by Demonstration Authoring Tool for Model-Tracing Tutors. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 8, p. 233-261
- Bonacin, R. (1999). Interpretação pedagógica de relações lógicas em diálogos para o ensino de conceitos visuais. *Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Informática da UFPR*.
- Bonacin, R. e Direne, A. I. (2000). Interpretação pedagógica de relações lógicas em diálogos para o ensino de conceitos visuais. *Revista de Informática - Educação da Sociedade Brasileira de Computação (IE/SBC)*. Número 6, pp. 95-105.
- Castilho, M. A. e Vieira, N. J. (1991). Implementação de Explicação de Respostas a Partir de Árvores de Prova. *SBIA*.
- Cury, D. (1996). Flama: Ferramentas e Linguagem de autoria para a Modelagem da Aprendizagem. *Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Divisão de Pós-graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica*.
- Direne, A. I. (1997). Designing intelligent systems for teaching visual concepts. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 44-70.
- Doyle, J. (1979). A Truth Maintenance System. *Artificial Intelligence*. 12, p. 231-272
- Hayes, P. J. (1985). The Logic of Frames. *Readings in Knowledge Representation*. Editado por R. J. Brachman and H. J. Levesque, publicado por Morgan Kaufmann.
- Lesgold, A. M. (1984). Acquiring Expertise. Em Anderson, J. R. and Kosslyn, S. M., *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*. p. 31-60. W. H. Freeman.

- Lesgold, A. M.; Robinson, H.; Feltovich, P.; Glaser, R.; Klopfer, D. e Wang, Y. (1989). Expertise in a complex skill: Diagnosing X-Ray Pictures. Em Chi, M., Glasser, R. e Farr, M., editors, *The Nature of Expertise*. Lawrence Erlbaum.
- Major, N. e Reichgelt, H. (1991). Using COCA to build na intelligent tutoring system in simple algebra. *Intelligent Tutoring Media*. Vol. 2, No. 3/4
- Major, N.; Ainsworth, S. e Wood, D. (1997). REDEEM: Exploiting Symbiosis Between Psychology and Authoring Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 8, p. 317-340
- Minsky, L. M. (1975). A framework for representing knowledge, *The Psychology of Computer Vision*, P. H. Winston. McGraw-Hill.
- Murray, T. (1999). Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 10, p. 98-129
- Nicolson, R. I. e Scott, P. J. (1986). Computers and Education: the software production problem. *British Journal of Educational Technology*. Vol. 17, No. 1
- O'Shea, T.; Bornat, R.; du Bouley, B.; Eisenstadt, M. e Page, I. (1981). Tools for creating Intelligent Computer Tutors. *Symposium on Human and Artificial Intelligence*.
- Pimentel, A. R. e Direne, A. I. (1998). Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 2, 17-24.
- Sharples, M. (1991). Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 123-132.
- Sharples, M., Jeffery, N., Teather, D., Teather, B., e du Boulay, G. (1997). A socio-cognitive engineering approach to development of a knowledge-based training system for neuroradiology. In du Boulay, B. and Mizoguchi, R., editors, *Artificial Intelligence in Education*, p. 402-409. IOS Press.
- Sowa, M.; Scott, A. C. e Shortliffe, E. H. (1982). Completeness and Consistency in a Rule-Based System. *The AI Magazine*. 3, p. 6-21
- Vieira, N.J. (1994). Recuperação de Caminhos no Esquema Algorítmico *Union-Find*, RT016/94, DCC/ICEx/UFMG, Belo Horizonte.
- Vieira, N.J. (1995). Recuperando Caminhos no Esquema Algorítmico *Union-Find*, *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 2(2), pp. 37-53.
- Wolf, B. P.; Suthers, D. e Cornell Matthew (1992). Steps from Explanation Planning to Model Construction Dialogues. In *the Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*. p. 24-30

Woolf, B. P. e Murray, T. (1992). Results of Encoding Knowledge with Tutor Construction Tools. *In the Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*. p. 17-23

ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELAÇÕES LÓGICAS EM UMA TRANSCRIÇÃO DE UMA CASO

Observações:

- Este diálogo foi transcrito de forma integral da linguagem falada para a escrita
- Esta transcrição foi realizada por CURY(1996), com a colaboração da Escola Paulista de Medicina
- O aprendiz encontra-se no primeiro ano de residência

T: Você vai me dizer que tipo de exame é esse, qual a incidência, a localização e se ele está tecnicamente adequado.

A: É uma radiografia de membro inferior pegando ...

T: Qual membro inferior?

*A: Aqui tem um membro inferior, tem uma incidência que mostra membro de perfil e a outra incidência mostra ambos os membro.

T: E essa que mostra o membro de perfil, que membro é?

A: Seria a de membro inferior direito.

T: Quais os parâmetros que você usa para saber que é o membro inferior direito?

*A: Bom, nesse caso, um dos parâmetros técnicos é que a etiqueta sempre esteja à direita do paciente.

T: Tem algum jeito mais fácil de você me dizer isso?

*A: Em relação à anatomia, eu posso dizer o seguinte: que a fíbula fica mais lateral e a tíbia medial.

T: Se a etiqueta estiver à direita e for o membro inferior direito, a fíbula vai estar pra onde?

A: Se a etiqueta estiver à direita e a fíbula estiver à direita, em relação ao examinador, você fala?

T: Não, em relação à chapa.

A: Aqui é o membro inferior direito.

T: Tá. Porque a fíbula está à direita e a etiqueta está à direita. E se a fíbula estivesse à esquerda e a etiqueta à direita?

*A: Aí isso poderia ter sido invertido ou melhor dizendo, a fíbula ... seria o membro inferior esquerdo.

T: Então já chegamos à conclusão que é um raio-x de ...?

A: De membro inferior direito.

T: Certo. E que local do membro inferior ...

A: Pegando a articulação do joelho, fêmur ...

T: Deixa eu te interromper. Se você tivesse que dizer "esta radiografia é de tal lugar". Este tal lugar seria um membro inferior direito, você tem partes do membro inferior. Quais são elas?

A: Bom ..

T: Aliás, não são três ... são ...

*A: Se você fosse ver o membro inferior, você teria coxa, a perna e o pé'.

T: A coxa, a perna, o pé e as articulações. Então estes são os componentes. Eu quero que você utilize um nome tipo "este raio-x é de tal coisa".

A: Se eu fosse colocar assim, seria raio-x de joelho e perna direita.

T: Não, eu quero um nome.

A: Raio-x de perna direita.

T: Quais são os componentes, dentro do raio-x, pra você dizer "este é um raio-x da coxa"?

A: Bom, deveria ter predominantemente o fêmur nesse raio-x.

T: E pra você ter certeza que todo o fêmur está ...

A: Eu teria que ver o fêmur, a cabeça femural.

T: Então pra você ter certeza que é o fêmur, o que você precisa ter dentro da radiografia?

*A: Olha, precisa estar desde a cabeça femural até o fêmur distal pelo menos.

T: Tem um conceito que diz o seguinte: toda radiografia de membro tem de ter as articulações distal e proximal, entendeu? Então se você tivesse a articulação coxa-femural e o joelho, você com certeza poderia dizer tratar-se de uma radiografia da coxa. Se você não vê as articulações distal e proximal da estrutura que você vai analisar, então você só tem a radiografia da articulação.

Agora, olhando de novo esta chapa, você tem radiografia de que?

*A: Neste caso seria radiografia de perna bilateral. No outro caso seria radiografia só do joelho.

- T: OK. Então, eu te pedi pra me falar da incidência. Você já disse que é joelho de membro inferior esquerdo e aparece raio-x de perna direita. Em termos de incidência, quais foram utilizadas?
- A: Aqui tem duas incidências. — e de perfil. Na outra você tem o —.
- T: Qual a importância de você usar mais de duas incidências?
- A: Pra você localizar a lesão a três dimensões, isto é, pra você saber se essa lesão está situada posteriormente, anteriormente ou lateralmente.
- T: Isso porque o raio-x não te dá uma informação tridimensional, mas bidimensional. Então a gente teria duas incidências, como você já falou, porque é importante ter uma visão tridimensional pra localização de possíveis alterações. Bom. Quais as principais estruturas anatômicas que você está vendo?
- **A: Eu tô vendo o fêmur distal. É ... um osso de um garoto jovem porque você vê ...
- T: Você falou garoto?
- A: Bom, pode ser garota também.
- T: Então você não consegue distinguir o sexo pela radiografia?
- *A: Não. Pela radiografia, posso chutar que é um jovem, no caso uma criança, um pré-adolescente melhor dizendo. Eu vejo o fêmur distal. Eu vejo a tíbia, eu vejo bem a epífise da tíbia que parece não estar lesada, a metáfise e a diáfise distal estão deformadas, o terço médio e parte do terço distal da diáfise estão aparentemente preservados. A fíbula está aparentemente preservada até seu terço médio/distal.
- T: Então, e a idade? Quero um número?
- A: Entre 8 e 12 anos ou menos.
- T: Além da — o que mais você avaliou pra saber a idade?
- **A: O tamanho dos ossos.
- T: O importante é isso. Esta criança tem 13 anos. Qual é seu sexo?
- A: Bom, eu acho que não posso informar isso ..
- T: Na análise da chapa em geral, não tem nenhuma informação sobre o sexo?
- A: Em outros locais você tem essa informação.
- T: Mas eu quero nesta chapa. Você pode me informar se tem alguma informação sobre o sexo?
- A: Acho que não ...
- T: Quando você analisa uma radiografia, você deve extrair todas as informações que você puder. Se você não conseguir alguma informação das estruturas ósseas, você tem que tentar obtê-la de algum outro lugar na radiografia. O sexo, neste caso, você pode obtê-lo da etiqueta que te dá o nome do paciente. Como é Andréia você pode inferir o sexo, né?
- A: Puxa!!!!
- T: Isto se chama malícia, cara. Bom, então é um paciente do sexo feminino com 13 anos de idade. Vamos agora analisar o músculo esquelético. Que parâmetros você usa pra isso?
- A: Você tem que analisar as partes moles, textura do osso, como está a estrutura do osso, o eixo da articulação, você tem que observar alguma calcificação extraóssea, uma linha de fratura qualquer que possa indicar trauma, nesse caso como está em geral ...
- T: Como, em geral, você começa a análise de músculo esquelético?
- A: De fora pra dentro.
- T: Certo. Então vamos começar com partes moles. Ai a gente tem vários parâmetros para analisar e discutir: a textura do osso, a íntegra ou a estrutura do osso, qualquer alteração óssea que incluiriam as fraturas, lesões, etc. E, por último, a articulação e calcificações patológicas, quer dizer, calcificações anormais, certo? Porque o osso é uma estrutura calcificada. Então tomando-se em conta esses parâmetros, você vai analisar esse raio-x pra mim, seguindo essa sequência.
- A: Bom, sobre as partes moles ...
- T: Antes de olhar a chapa, você vai me dizer o que você procura em partes moles?
- A: Eu procuro por alguma alteração de densidade, se essas partes moles estão alteradas em relação ao outro membro ...
- T: Se você não tivesse o outro membro?
- **A: Poderia dizer em relação ao que você acha que é normal. Então se você uma região lá no meio do fêmur e vê as partes moles um pouco aumentadas, você pode dizer que há alteração.
- T: O aumento das partes moles você pode dizer por aquilo que você já viu, pelo volume normal de partes moles que você já viu, se você tem o outro membro você pode comparar. Se você não tem nenhum outro parâmetro, se você só tem aquele membro, então você pode analisar por comparação com outras regiões. Você sabe que a região da panturrilha é um pouquinho maior do que a região do tornozelo. Só que, se houver uma desproporção muito grande, você também pode dizer se tem ou não aumento de partes moles. Por que é importante analisar aumento de partes moles?

- **A:** Pra definir se existe tumoração de partes moles associada a processos inflamatórios, formação de edema que também altera as partes moles, pode ter alguma presença de alguma massa, como na gota ...
- T:** Bom, então é importante analisar partes moles porque o aumento delas, por exemplo, pode ser um sinal indireto de alguma coisa anormal e que ajuda a levar a um diagnóstico. Que outra coisa você analisa em partes moles? Você falou em aumento. E a densidade?
- **A:** Ela também pode estar aumentada, às vezes sem aumentar as partes moles ...
- T:** Isto pode significar o que?
- A:** Líquido articular, derrame articular ...
- T:** Que outra coisa você vai ver nas partes moles?
- A:** Outra coisa que eu vou ver em partes moles é a calcificação patológica das partes moles, por exemplo...
- T:** É normal ter calcificação em partes moles?
- A:** Às vezes você pode ter calcificações normais. Por exemplo, flebolito, a calcificação vascular. Dependendo da idade do doente, você pode considerar que essas calcificações sejam normais, mas existem calcificações não tão normais assim.
- T:** Certo. Outro ponto pra analisar em partes moles?
- A:** Seriam as linhas anatômicas. Existem linhas que poderiam ...
- T:** O que compõe essas linhas?
- A:** Às vezes por gordura.
- T:** Sim. Elas apareceriam com que intensidade no raio-x ?
- A:** Seriam linhas mais escuras.
- T:** Sim. Linhas pretas, aparecendo entre as partes moles.
- **A:** A gente tem que ver os trajetos dessas linhas. Elas podem estar afastadas ou apagadas em um processo inflamatório ou edema ou, às vezes elas podem estar afastadas do plano ósseo pela presença de um derrame, por exemplo.
- T:** Um tumor geralmente afasta ou apaga alinha de gordura?
- A:** Eu acho que um tumor tende a afastar.
- T:** Certo. Já um processo inflamatório tende a apagar as linhas de gordura. A gente já falou conceitualmente das partes moles. E neste caso?
- A:** Neste caso, eu acho que está normal. Pelo menos o que estou vendo em — não está alterado.
- T:** Em relação ao membro contralateral?
- A:** Em relação ao membro contralateral, eu não consigo definir nenhum aumento de partes moles. Inclusive, me parece que o membro que considero sadio está com densidade até um pouco maior do que a do membro afetado.
- T:** Isto pode informar diferença de que?
- A:** Simplesmente de técnica de exame.
- T:** Certo. Vamos agora para textura óssea.
- **A:** Esse membro afetado pode estar diminuído ou também ... só que agora, observando as partes moles, ele pode estar diminuído pela técnica também.
- T:** Quando você fala em diminuição da textura óssea, qual o termo técnico para isso?
- A:** Osteopenia.
- T:** Que parâmetros você considera para dizer que o osso está osteopênico?
- **A:** Tem que ver a densidade do osso. Se ela está diminuída, o osso pode estar mais escuro. Também outra coisa é o trabeculado do osso se ele fica mais evidente.
- T:** Certo. Tem algum outro parâmetro?
- **A:** Em relação a osteopenia, a cortical tende a diminuir.
- T:** Se você for analisar esta chapa, mesmo com diferenças técnicas, o que aconteceu com a cortical?
- **A:** A cortical está mais fina. Então eu posso dizer que tem osteopenia.
- T:** É importante diferenciar a osteopenia localizada da difusa?
- **A:** É importante porque, por exemplo, tem doenças que dão só osteopenia localizada, tipo aquela *causalgia* que você vai ter osteopenia localizada. Tem doenças sistêmicas que causam osteopenia sistêmica, tipo uma — crônica que é uma doença sistêmica que vai afetar toda a estrutura óssea de forma global ...
- T:** Então este conhecimento mudaria seu diagnóstico?
- A:** Sim.
- T:** Neste caso, você acha que tem uma osteopenia localizada?
- A:** Sim.
- T:** Você acha que esta osteopenia localizada se encaixaria dentro do que você disse?
- A:** Aí é que não sei.

- T: A causa da osteopenia que você me disse na causalgia ...
- A: É uma lesão neural basicamente.
- T: Tem falta de ligação?
- A: Acho que não.
- T: Então por que você acha que tem osteopenia?
- A: É a necessidade do osso de que você tenha estímulo para o processo de modelagem do osso. No caso da causalgia, você tem lesão neural e, nesse caso, o estímulo é perdido. Neste caso, eu poderia dizer que é somente uma infecção. Por exemplo, às vezes você pode ter osteomielite com osteopenia ou simplesmente por desuso.
- T: Em relação à articulação e ao fêmur?
- A: O fêmur também está osteopênico.
- T: Então você tem uma osteopenia do membro inferior?
- *A: Neste caso, de repente, ele tem uma doença tipo osteomielite. Ou ele teve uma fratura mal consolidada ou ele tem um tumor ósseo e neste caso a imobilidade pela dor impede que ...
- T: Aí você encaixaria este caso em outro grupo, o grupo da imobilização. Então o paciente não tem — - nem —, não tem nenhuma doença sistêmica mas ele não move o membro por causa da dor. O estímulo da mobilização é importante para a mineralização do osso. Certo?
- A: Sim.
- T: Bom. Nós avaliamos a textura. Nós estamos de acordo que a textura está diminuída em todo o membro inferior, pelo menos na parte que conseguimos enxergar. Agora vamos analisá-lo em relação à integridade. Descreva pra mim o que acontece.
- A: Ele teve uma lesão heterogênea com áreas de esclerose e outras líticas.
- T: O que predomina?
- A: Predomínio de lesões líticas.
- T: É importante saber o que predomina?
- **A: É importante porque quando determinadas lesões mudam inteiramente a direção do diagnóstico. Por exemplo, uma lesão predominantemente lítica fala para tumores. Há tumores que dão metástases predominantemente blásticas.
- T: Qual o seu conceito de lítico e blástico?
- *A: Lítico seria mais escuro, quer dizer, seria ...
- T: Em termos de fisiopatologia, o que acontece?
- A: O que acontece neste caso é a perda de estrutura óssea normal. Existe uma rarefação da estrutura óssea normal localizada.
- T: Em termos de formação e de reabsorção óssea, o que acontece?
- A: Não existe atividade osteoclástica para recuperar o osso.
- T: Na verdade, nunca acontece que uma encerre e a outra continue. Há sim, uma predominância de uma dessas atividades. A formação e a reabsorção do osso ocorrem concomitantemente. No osso normal, a velocidade de reabsorção — a velocidade de formação. Então você tem um padrão normal. Quando você tem uma lesão formadora de osso, isto é, ela tem uma atividade osteoblástica muito mais acentuada. O osso é então formado muito mais rapidamente do que é absorvido. Então você fica com lesões mais osteoblásticas. Ao contrário, na lesão lítica, você tem uma atividade osteoclástica muito maior do que formadora de osso. Então, predomina a lítica, tá? Então o que vale aqui é a predominância. Neste caso, você acha que há predominância de que atividade?
- A: Lítica.
- T: Tá bom. Em relação à descrição você me disse que é uma lesão heterogênea predominantemente lítica. Que mais você pode me dizer?
- *A: Que existe descontinuidade da cortical e ... outra coisa também em relação ao eixo do próprio osso, ele deforma principalmente a metáfise e a diáfise proximal do osso e poupa a epífise.
- T: Certo. Em relação à descontinuidade da cortical, como você traduziria? Em que situação você observa descontinuidade da cortical?
- *A: Por exemplo, nas lesões ditas permeativas.
- T: Existem lesões mais simples em que você observa descontinuidade da cortical?
- A: Fraturas.
- T: Quais são os sinais de fratura?
- A: Você tem uma linha escura ...
- T: E qual o nome dessa linha?
- A: Não sei se tem nome ...
- T: É chamado traço ou solução de continuidade. Você observa algum traço de fraatura nessa lesão?
- A: Não.

- T: Mas você observou o desalinhamento ou descontinuidade da cortical, com até alteração do eixo do osso. Isto não poderia sugerir que existe uma fratura?
- A: Não.
- T: Mas a cortical vem aqui, interrompe, vem pra cá. Tem sim um traço de fratura aqui. Que tipos de fraturas você conhece e como você classificaria esta aqui?
- A: Nossa!!!! É uma fratura ...
- T: Que tipos de fratura você conhece?
- A: Fratura de stress, que seriam fraturas pequenas, por exemplo, em regiões do ...
- T: Que tal um exemplo?
- A: Na região do pé ...
- T: Sim. É chamada fratura do marchador. A ação constante de uma força, ainda que pequena, acaba por provocar fratura. Mas aí você não teria problema de irrigação. Seriam fraturas só pelo constante estresse. Que outro tipo de fratura você conhece?
- A: A fratura que destrói tudo, melhor dizendo, a fratura cominutiva que seria uma fratura que daria vários fragmentos.
- T: Elas ocorrem a partir de que mecanismos?
- *A: A partir de um trauma muito violento.
- T: A partir de um trauma. Eu estou querendo classificar fraturas de um modo mais geral. Assim, fraturas de stress, traumáticas, normais e patológicas. Você pode me definir uma fratura patológica?
- A: O trauma não precisa ser muito grande pra provocar a fratura.
- T: Sim. Neste caso não precisa haver trauma, o osso pode estar sendo submetido a um stress normal. Esta seria uma definição de fratura patológica. Mas em qual delas esta se encaixa?
- A: Pra mim, esta fratura é primária ...
- T: Dos três tipos que te falei, stress, trauma e patológica?
- A: Trauma.
- T: Por que?
- A: Porque eu imagino que uma criança ...
- T: Qual é o conceito de fraturas traumáticas em geral?
- A: Elas são fraturas que ocorrem no osso são e decorrem de um mecanismo traumático.
- T: Neste caso, você acha que é um osso são que foi submetido a uma agressão?
- A: Foi o que pensei no início. De repente, o que aconteceu depois foi uma osteomielite e o osso ficou com esse aspecto esquisito.
- T: Você quer dizer então que há um processo inflamatório. Qual a principal característica dos processos inflamatórios, ou, na análise dos processos inflamatórios, qual o primeiro sinal que você deve encontrar?
- A: Primeiro, até as duas primeiras semanas eu não encontro absolutamente nada.
- T: Bom, aí seria um processo osteomielítico agudo. Como estariam as partes moles ...
- **A: Aumentadas.
- T: Nesse caso, você não acha que seria uma lesão aguda?
- A: Seria uma lesão crônica, ela teria algum tempo já.
- T: E as partes moles poderiam estar normais?
- A: Sim.
- T: Então você não afasta a hipótese de osteomielite?
- A: Não.
- T: Você acha então que a osteomielite veio decorrente de uma fratura?
- *A: Se essa fratura foi exposta, ela teve uma chance de infectar o próprio osso e levar a uma osteomielite secundária ao trauma.
- T: Certo. Vamos continuar nesta linha de análise. Você acha que teve uma fratura traumática e que ela ocorreu há algum tempo e que promoveu uma osteomielite. Esta osteomielite já passou da fase aguda para crônica. O que aconteceria com essa fratura?
- A: Teria que ver se essa fratura estava consolidada ou não.
- T: O que eu estou te perguntando é o seguinte: passando algum tempo, o que é normal acontecer com uma fratura?
- *A: A tendência normal é formar um calo ósseo.
- T: Então você não acha estranho não ter calo ósseo e já ter osteomielite crônica?
- A: Eu acho estranho.
- T: Bom, continuando seu raciocínio, nós temos uma osteomielite e uma fratura. Se ocorresse o processo inverso: você tem uma osteomielite e aí ocorreu uma fratura. Que tipo de fratura seria esta?

- *A: Uma fratura patológica. Então é uma fratura patológica propriamente num osso afetado pela osteomielite.
- T: Bom, nós vamos então ficar com um osso anormal que sofreu uma fratura. A fratura é patológica e você acha isso mais coerente?
- A: É.
- T: Então nós vamos ficar com essa hipótese. Continue a descrever as alterações das partes ósseas.
- A: Está ocorrendo ali uma reação periosteal na diáfise da tíbia distal.
- T: O que é uma reação periosteal?
- **A: O periosteio recobre o osso e ... se existe uma lesão que estimule o osso a refazer a sua integridade, o periosteio vai tentar remodelar esse osso pela periferia.
- T: Sim. Seria então um estímulo que pode ser menos agressivo ou mais agressivo que vai fazer o periosteio se desenvolver. Esse desenvolvimento pode ocorrer de várias formas. Sim ou não?
- A: Pode ter formas diferentes.
- T: Quais são essas formas? Que tipos de reação periosteal você conhece?
- A: Reação periosteal espiculada paralela que é comum em processos neoplásicos, tipo sarcoma de Ewing e também osteosarcoma. Existem reações do tipo Codman, que eu acho que é aquela ali ... aquele ângulo ali.
- T: E isto quer dizer este ângulo?
- A: ...
- T: Bom, é um tipo de reação periosteal sólida que vai formar um ângulo com a cortical, formando uma espécie de triângulo. É isso?
- A: Eu acho que é isso.
- T: Dependendo do tipo de reação periosteal, você pode definir se uma lesão é benigna ou maligna, se é um processo inflamatório ou neoplásico?
- A: Reação espiculada paralela fala a favor de um sarcoma.
- T: E raios de sol?
- A: Também.
- T: Qual o tipo de reação periosteal que você está vendo?
- A: Acho que é ângulo de Codman.
- T: Certo. Você vê mais algum tipo de reação periosteal?
- A: Talvez tenha uma espiculada.
- T: Então você tem dois tipos de reação periosteal aqui. Pode haver casos assim?
- A: Pode.
- T: Como se denomina?
- A: Não sei.
- T: Complexas. Elas aparecem em qual tipo de lesão?
- A: Não sei.
- T: Seria em casos mais benignos ou mais malignos?
- A: Se eu tivesse de classificar, sendo uma reação complexa ... eu já vi um caso de sarcoma de Ewing que tinha dois tipos de reação periosteal ...
- T: Dentro dos seus conhecimentos, você jogaria pra onde?
- A: Eu jogaria para uma reação mais agressiva, do tipo neoplásica.
- T: Bom. Você já me disse que tem uma fratura que parece ser patológica, uma reação periosteal complexa e uma lesão predominantemente osteolítica. Você acha que tem alguma outra alteração que você tem de me informar?
- **A: É que ela respeita a epífise. Logo, e se ela respeita a epífise, isto não é comum na osteomielite. Na osteomielite ela tende a se expandir através da cartilagem e poupar a epífise. Logo, isto pode ser um tumor.
- T: Tá bom. Então você me disse que é uma lesão predominantemente lítica, heterogênea, associada a fratura patológica e reação periosteal complexa, que se localiza principalmente em região metadiáfisária da tíbia. E o espaço articular, como está?
- A: Não consigo ver. Fico em dúvida se há realmente aumento no espaço.
- T: Você está analisando essa lesão e considerando que ela vai comprometer o lugar onde começou, me aponte o lugar onde ela começou.
- A: Pra mim ela começou mais na região de transição metadiáfisária.
- T: Então seria ali o centro da lesão. Se ela comprometesse o espaço articular sem comprometer a epífise, então ela teria pulado a epífise. Isto pode acontecer?
- A: Eu acho que não.
- T: Seria mais coerente que ela comprometa tudo. Então se você achou que pelo raio-x a epífise não está comprometida então o espaço articular também não está comprometido, certo?

- A: Certo.
- T: Quem compromete mais o espaço articular, processos inflamatórios ou os tumorais?
- A: Mais os processos inflamatórios.
- T: Então nós estamos diante de uma lesão com partes moles praticamente inalteradas, num membro osteopênico, predominantemente osteolítica, associada a uma fratura patológica, com reação periosteal complexa na região metadiafisária, que aparentemente não compromete a epífise nem o espaço articular. Quais as suas hipóteses gerais de diagnóstico?
- A: Em primeiro lugar, ficaria com sarcoma...
- T: Atenção! Quais são os grandes grupos de doenças do músculo esquelético?
- A: Tinha que pensar em alguma coisa infecciosa ... dentro da infecção, pensaria em osteomielite.
- T: Vamos pensar nos grandes grupos apenas.
- *A: Inflamatória tipo colagenosa que poderia dar inflamação. Vascular no trato ósseo, pode ser também neoplásico, pode ser traumático e ...
- T: A sigla VICTIM ajuda você a se lembrar. Com ela temos: Vascular, Inflamatório, Colagenosos e Congênitos, Traumáticos e Miscelânea. Dentro desses grandes grupos, em qual deles você encaixa este caso?
- A: Neoplásico.
- T: Você quer dizer tumor?
- A: Tumor. Ao contrário do meu diagnóstico inicial, osteomielite.
- T: Então você muda seu diagnóstico. Você afasta totalmente a hipótese de osteomielite?
- A: Não totalmente.
- T: Se você tivesse que dar uma nota de 1 a 5, a osteomielite ficaria com quanto?
- A: 1.
- T: Então vamos ficar com a hipótese de tumor. Vamos tentar confirmar esta hipótese. Que parâmetros você usa para avaliar tumor?
- A: A biopsia define.
- T: Mas eu quero parâmetros radiológicos.
- **A: Bom, é uma lesão que não poupa a cortical e as partes moles, se for maligno.
- T: E se for benigno?
- **A: Ele poupa a cortical e tem um padrão mais geográfico.
- T: O que é importante no padrão geográfico pra você me dizer que é um tumor mais benigno? Que tipos de lesão desse tipo que você conhece? Me dê a classificação geral.
- A: Tem os cistos ...
- T: Não. Eu quero a classificação geral: geográficos, permeativos, moteados.
- A: Tem esses três.
- T: Deles, qual o mais benigno?
- A: O moteado pode estar no meio. O geográfico tende a ser benigno.
- T: Dentre as lesões geográficas, que características são importantes e que permitem você dizer se ela é mais maligna ou mais benigna?
- *A: Acho que tem a ver com a cortical, se ela está lesada ou não ...
- T: E na lesão propriamente?
- *A: E também se a lesão é homogênea ou não.
- T: Certo. A esclerose é um sinal importante?
- A: A esclerose da cortical fala a favor de uma lesão mais benigna.
- T: A esclerose da lesão? Uma lesão com bordos escleróticos?
- *A: Uma lesão com esclerose tende a ser mais benigna.
- T: Quanto maior a esclerose mais benigna ela é. Não é nem uma questão de benigna ou maligna mas principalmente de velocidade de crescimento. Assim, quanto mais rápida, menos bordo esclerótico e, portanto, mais agressiva. Se você fosse classificar essa lesão, ela seria do tipo moteado, geográfico ou permeativo?
- A: Mais moteado. Ela não chega a ter uma definição completa da margem mas, em compensação, eu não consigo ver esclerose.
- T: Quais são as margens dela?
- A: Você vê uma parte dela aqui ... não consigo definir bem ... parece meio moteado ...
- T: Você tem certeza que pra baixo não tem lesão?
- A: Pra baixo tem também.
- T: Ela está definida pela cortical ou pela lesão?
- A: Pela cortical.
- T: Você consegue definir uma lesão?
- A: Não.

- T: Entre moteado e permeativo, você ficaria com qual?
- A: Agora fico mais com a permeativa, ela é mais infiltrativa.
- T: Então você precisa diferenciar se está olhando o osso, a estrutura ou a lesão. Então, a lesão ...
- A: Eu não consigo definir quanto à lesão quem é a lítica de quem é a blástica.
- T: Bom, estamos diante de uma lesão permeativa. A lesão permeativa aparece mais em lesões tumorais. Isto é uma confirmação de tumor, certo?
- A: Certo.
- T: A gente analisou o tipo de lesão. A localização é um parâmetro importante?
- *A: Sim, porque há tumores que afetam lugares mais que outros, tipo — que é o mais epifisário de todos os tumores. Os osteosarcomas tem essa localização aí. O sarcoma de Ewing é mais diafisário, se não me engano.
- T: Que osso o osteosarcoma prefere?
- A: Ele gosta do fêmur.
- T: Ele gosta da tíbia também, apesar de gostar mais do fêmur. Bom, já analisamos o tipo de lesão e sua localização. O número de lesões é importante?
- A: É.
- T: Por que?
- **A: Porque uma lesão mais localizada fala mais a favor de tumor primário. Se você tem várias lesões, ou elas são várias metástases ou são um tumor como o mieloma múltiplo que é ...
- T: Ele é primário mas gosta de afetar várias regiões. Então muda totalmente um diagnóstico. Em relação à reação periosteal, confirma seu diagnóstico de tumor?
- A: Pode ajudar mas não confirma.
- T: Mas não afasta?
- A: Não.
- T: Quer dizer, este tipo de reação periosteal você encontra mais em tumor. Com todos esses dados que já vimos, lesão permeativa, predominantemente osteolítica, com fratura patológica, com reação periosteal do tipo complexa, você confirma a hipótese de tumor?
- A: Sim.
- T: E não está comprometido o espaço articular, certo?
- A: Certo.
- T: Com todas essas informações sobre tumores, quais suas hipóteses?
- *A: O paciente é um jovem de 13 anos, logo tenho de procurar tumores dessa faixa etária. Logo, afasto tumor que incidem sobre pessoas mais velhas, tipo mieloma múltiplo ou metástase de pulmão. Pela localização e tipo de reação periosteal afasto alguns tumores do tipo benigno, tipo ortoblastoma. Eu esperaria uma lesão mais arredondada na epífise, portanto também descarto este tipo de tumor. Fico então com os tumores mais agressivos e neste caso o osteosarcoma convencional.
- T: No osteosarcoma predominou um componente blástico ou lítico?
- A: Não sei. Acho meio lítico e meio blástico também.
- T: Pelo próprio nome ...
- A: ... ele seria mais blástico teoricamente.
- T: Ele pode se tornar lítico só que talvez o componente blástico seja predominante. Você tem outra hipótese?
- A: Poderia ser sarcoma de Ewing também mas ele não é comum nesse local.
- T: Sim, o Ewing pode ser também nesse local. A faixa etária abrange Ewing?
- A: Sim.
- T: Qual é a faixa etária do Ewing?
- A: É mais baixa a faixa etária do Ewing.
- T: Não. O osteosarcoma é mais baixo (entre 6 a 14 anos) e o Ewing é um pouquinho mais alto (5 a 25). 13 anos é, portanto, uma idade comum aos dois. E quanto ao sexo, há alguma preferência?
- A: Pode, mas acho que está mais pra Ewing.
- T: O Ewing tem preferência por sexo?
- A: Não me lembro.
- T: Ele predomina um pouquinho no sexo masculino. E quanto à reação periosteal, ela ajuda a diferenciar um do outro?
- A: A espícula paralela tende a ser mais de Ewing.
- T: O Ewing tende a ser mais a lamelada, casca de cebola. Já o osteosarcoma, mais raios de sol. Mas como a reação periosteal é uma resposta, ela pode aparecer de qualquer forma. Então pela reação periosteal fica difícil você diferenciar. E aí, as hipóteses quais são?
- A: Primeiro osteosarcoma e depois Ewing.

- T: Primeiro osteosarcoma e Ewing em segundo. Que exame você pediria para a confirmação do diagnóstico?
- A: Eu pediria não pra confirmar mas pra diferenciar. Eu pediria a biopsia.
- T: Certo. A diferenciação entre os dois seria feita pela biopsia. Tudo bem. foi realizada a biopsia e o resultado foi sarcoma de Ewing. O que você faria em seguida?
- A: Eu encaminharia o garoto para um especialista.
- T: E o resultado obtido com o raio-x já seria suficiente para a atuação do especialista?
- A: Talvez não. Eu tentaria explorar a ... estadiar esse tumor.
- T: Certo. Estadiar o tumor. Então que exames você pediria para o estadiamento do tumor?
- A: Neste caso eu pediria uma cintigrafia com medicina nuclear ...
- T: No que ela te ajudaria?
- A: Ela me ajudaria a identificar outra lesão ou a provável extensão dessa lesão.
- T: Você pediria algum outro exame?
- A: Se fosse osteosarcoma, pediria um raio-x do tórax.
- T: Então você localizaria as possíveis metástases com um raio-x do tórax. Caso o paciente não apresentasse nenhuma metástase, que exame você indicaria para sugerir uma conduta?
- A: Sim, eu poderia pedir uma tomografia ou uma ressonância pra ver o comprometimento de partes moles ou onvasão daquela epífise ali.
- T: Em relação a esses dois exames, qual você escolheria?
- A: Ressonância.
- T: Por que?
- A: Porque eu acho que ela vê melhor a parte óssea. Ela tem mais sensibilidade pra ver se a lesão atingiu a — e isto mudaria a conduta.
- T: Certo. Além disso, a ressonância tem alguma outra vantagem?
- A: Ela não usa radiação. O único problema seria o custo mais elevado.
- T: Certo. Em relação à lesão, você está fazendo estadiamento local, é isso?
- A: Isso.
- T: Qual o melhor exame para o estudo da anatomia?
- A: Ressonância.
- T: Então ela vê melhor as partes moles?
- A: Sim.
- T: E em relação ao estudo do osso?
- A: Talvez a tomografia fosse melhor.
- T: O que você vai analisar no osso?
- A: ...
- T: O que é importante?
- A: Localizar melhor a lesão. No caso da ...
- T: Quais as partes do osso é importante analisar? Se você pegar esta tibia, o que você vê? Que componentes?
- *A: Vejo a cortical e a medular. Tenho que ver também se há comprometimento da medula óssea. Então preciso da tomografia pra ver a medula óssea.
- T: Por que?
- **A: Porque ela, como tem gordura, ela muda o sinal do ...
- T: Como ela aparece na ressonância?
- A: Não sei muito bem. Acho que ela é hipo em T1 e ...
- T: Vai depender da sequência?
- A: Sim.
- T: Se você usar uma sequência em T1?
- A: Vai aparecer de um jeito.
- T: Como ela aparece?
- A: Acho que ela aparece mais escura.
- T: Ela é branca no T1. Ela é uma gordura portanto aparece branca. Se você usar o T2 ela aparece preta.
- A: Então é o contrário da lesão?
- T: Sim. Vai ser ótimo pra estudar porque a lesão vai aparecer preta ou heterogênea e o restante da medula que estiver com o sinal normal vai indicar o local da ação do especialista. Vai ser importante na delimitação do comprometimento. Bom, você já falou da importância da ressonância na avaliação da medula, da epífise e das partes moles. (Exibindo a ressonância) Esta imagem é T1 ou T2?
- A: Pra mim esta aqui é T1 e aquela é T2.

- T: Como você diferencia as duas na ressonância?
- A: Eu não estudei ainda mas no T1 o líquido aparece mais escuro, com hipo-sinal. Quando você muda a sequência pra T2, o líquido passa a ter um hiper-sinal.
- T: Que cortes são estes?
- A: Coronais.
- T: Como você avalia em que região este corte está? Se tem as estruturas anatômicas que você conhece, como você consegue diferenciar se ela está na região mais anterior, posterior ou média?
- A: Teria que ver a patela.
- T: Não tem nenhum método dado pelo próprio filme? Ele te dá um mapa. A patela está onde?
- A: Está aqui, no último.
- T: E esta foto começa do anterior para o posterior ou ao contrário?
- A: Do posterior para o anterior.
- T: Então você está vendo os cortes que começaram de trás e vindo pra frente, certo?
- A: Certo.
- T: Bom, nós temos dois parâmetros principais para analisar numa imagem de ressonância. Quais são eles?
- A: É ...
- T: O líquido e a gordura. Eles se comportam de maneira contrária na ressonância: se um é preto o outro é branco. Em T1, como eles estão?
- A: A gordura é branco e o líquido é preto.
- T: Certo. Portanto, o que você tem aqui, entre as estruturas ósseas (aponta área branca)?
- A: Gordura.
- T: Certo. Outro parâmetro pra você analisar T1 é o tempo de relaxamento (TR) e o TE. O que você está vendo? O que vamos analisar na ressonância?
- A: Justamente o comprometimento da medula, da epífise e das partes moles.
- T: A epífise como está?
- A: Talvez tenha um comprometimento.
- T: Ela está simétrica em relação à outra. Então ela está sendo considerada normal. A medula?
- A: Ela tem de ser hiper e ...
- T: Onde está a medula?
- A: Está central aqui.
- T: Como ela aparece em T1?
- A: Ela aparece hiper em T1.
- T: Então tudo que você está vendo hiper é o que?
- A: A medula.
- T: E o que não está hiper, o que é?
- A: Pode ser cortical.
- T: Se você for comparar aqui com aqui, isto aqui não é a medula?
- A: Sim. E aqui já tem lesão.
- T: Então você está vendo exatamente o nível de comprometimento. Bom, já concluímos que a epífise está comprometida e avaliamos o nível de comprometimento da medula. E as partes moles?
- A: Parece que também estão comprometidas.
- T: Por que?
- **A: Estou vendo aqui um aumento das partes moles, um aumento do diâmetro da ...
- T: Um aumento do diâmetro significa necessariamente aumento das partes moles?
- A: Não.
- T: Certo. Em geral, a ressonância trabalha com a alteração do que?
- A: Do sinal.
- T: Então o que ela te informa são os sinais. Então você vai trabalhar com alteração do sinal, certo?
- A: Tem que pedir um T2, é isso?
- T: Não. Você pode comparar as partes moles de um lado com o outro e vê se o sinal está alterado. E aí?
- A: Acho que o sinal daqui está mais hiper.
- T: Então você tem um certo comprometimento de partes moles. O osso normal é melhor estudado na ressonância ou no raio-x?
- A: Raio-x.
- T: E por que não a ressonância?
- **A: Porque, por exemplo, aqui eu não consigo delimitar bem a cortical.
- T: O que acontece no osso que não fica bom na ressonância? Como ele aparece nela?
- A: Escuro. Não dá sinal.

T: E por que não dá sinal?

A: Porque ele não tem líquido.

T: Então me diga o que dá sinal na ressonância?

A: A formação de prótons da água.

T: É a água. Ela tem um componente que dá o sinal. Qual é ele?

A: O hidrogênio.

T: É a mobilidade dos átomos de hidrogênio que vai emitir o sinal. E por que o osso não emite sinal?

A: Porque ele só tem cálcio.

T: Tá bom.